

Revista Română de Inginerie Civilă

Volumul 3 (2012), Numărul 1
ISSN 2068-3987

Calculul focarelor tip tub de flacără cu pereți de înaltă temperatură	<i>1-16</i>
<i>Nicolae Antonescu, Dan-Paul Stănescu</i>	
Metode de fundamentare a deciziilor în analiza tehnico-economică a randamentului sistemelor de irigații	<i>17-24</i>
<i>Gheorghe Iordache, Alin Trifan, Marian Dordescu, Anca Constantin, Lucica Rosu</i>	
Determinarea factorilor de influență ai consumului de energie electrică în stația de epurare Oradea	<i>25-33</i>
<i>Gheorghe-Constantin Ionescu, Emil Gligor, Florin Dan</i>	
Determinarea procentului de articulație (gradului de inteligibilitate) în sala teatrului “EXCELSIOR”	<i>35-41</i>
<i>Mariana Cristina Stan, Ioana Mihaela Alexe, Alexandru Radu Stan</i>	
Performanțele betoanelor preparate cu cimenturi cu adaosuri	<i>43-52</i>
<i>Dan Paul Georgescu, Adelina Apostu, Radu Gavrilescu, Tudor Seba</i>	
Management și calitate în construcții	<i>53-59</i>
<i>Nicolae Postăvaru</i>	



Revista Română de Inginerie Civilă
este indexată în bazele de date internaționale
INDEX COPERNICUS, ULRICH'S și JOURNALSEEK.

COLEGIUL EDITORIAL

Prof.dr.ing. Ioan BOIAN, *Universitatea Transilvania Brașov*
Prof.dr.ing. Alexandru CĂTĂRIG, *Universitatea Tehnică Cluj Napoca*
Conf.dr.ing. Victoria COTOROBAI, *Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași*
Prof. dr. mat. Rodica DĂNEȚ, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Carlos Infante FERREIRA, *Delft University of Technology, The Netherlands*
Prof.dr.ing. Dragoș HERA, *Universitatea Tehnică de Construcții București – redactor șef*
Prof.dr.ing. Ovidiu IANCULESCU, *director editorial*
Prof.dr.ing. Gheorghe Constantin IONESCU, *Universitatea Oradea*
Prof.dr.ing. Florin IORDACHE, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Carmen Elena MAFTEI, *Universitatea Ovidius Constanța*
Prof.dr.ing. Ion MIREL, *Universitatea Politehnica Timișoara*
Conf.dr.ing. Dan GEORGESCU, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Mircea PETRINA, *Universitatea Tehnică Cluj Napoca*
Conf.dr.ing. Dorel PLĂȚICĂ, *Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași*
Prof.dr.ing. Nicolae POSTĂVARU, *Universitatea Tehnică de Construcții București-redactor șef*
Prof.dr.ing. Daniela PREDA, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Ioan SÎRBU, *Universitatea Politehnica Timișoara*
Prof.dr.ing. Ioan TUNS, *Universitatea Transilvania Brașov*

ISSN 2068-3987

MATRIX ROM
OP CHIAJNA CP 2
077040 – ILFOV
Tel. 021 4113617 Fax. 021 4114280
e-mail: office@matrixrom.ro
www.matrixrom.ro

Calculul focarelor tip tub de flacără cu pereți de înaltă temperatură

Dimensioning of the tube furnaces with high surface temperature

Nicolae Antonescu, Dan-Paul Stănescu

UTC București – Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
București, sector 2, blv. Pache Protopopescu 66, Romania
e-mail: nicuant@yahoo.com

Rezumat. *In cazul generatoarelor de aer cald folosind arderea combustibililor, calculul focarului cu metoda clasică a invariantilor (Boltzmann – θ_f) are o aplicabilitate limitată, deoarece nu ține cont de temperatura peretelui focar, aceasta putând atinge valori semnificative în cazul agentului secundar gazos. Lucrarea de față se axează pe identificarea unor metode alternative de calcul pentru focarele tip tub de flacără cu agent secundar aer și pe metodica de determinare a temperaturii peretelui focar. Luând în considerare o serie de parametrii definitorii cum ar fi temperatura peretelui focar, încărcarea termică volumică, viteza de circulație a gazelor de ardere, viteza de circulație a aerului și geometria suprafeței de transfer, se determină erorile ce apar prin folosirea metodei clasice și se analizează funcțional focarul la variația parametrilor amintiți.*

Cuvinte cheie: calcul focar, transfer de căldură, temperatură perete, încălzitor aer, cazan.

Abstract. *In hot air generators using fuel combustion, furnace calculation by the classical invariants empiric equation (Boltzmann - θ_f) has a limited application for gaseous secondary agent because it does not take into account the temperature of the furnace wall that can reach significant values. This paper focuses on identifying alternative methods for calculating the tube type furnaces with air as secondary agent and identifies a method for determining furnace wall temperature. Taking into account a number of defining parameters such as furnace wall temperature, volumic thermal load, flow speed of the flue gases, air circulation and transfer surface geometry, we determine the errors that occur using conventional method and analyze the functional parameters.*

Key words: furnace dimensioning, heat transfer, wall temperature, air heater, boiler.

1. Cadru general

În multe situații tehnice, prepararea de aer cald fie pentru scopuri de încălzire, fie pentru diverse aplicații tehnologice (cuptoare de uscare, cuptoare de polimerizare etc.), implică folosirea unor schimbătoare de căldură de tip cazan cu agent secundar aer. Soluțiile constructive sunt în general caracterizate de prezența unei trepte de transfer de căldură de tip focar, prevăzută cu arzător de combustibil superior sau, în

unele situații, cuplate la o cameră de ardere, mai ales în cazul utilizării combustibililor alternativi, cum ar fi peleții din biomase. Ca la orice cazan, treapta focar este urmată de una sau mai multe trepte convective, uzual realizate ignitubular pentru facilitarea curățirii.

Temperatura peretelui focar, datorită solicitării de temperatură înaltă specifică gazelor de ardere în focar, se estimează că va avea valori semnificativ mai mari decât în cazul pereților focarelor din aplicațiile de cazane cu agent secundar apă sau emulsie. De altfel, ca la orice schimbător de căldură de tip preîncălzitor de aer, se pune problema determinării temperaturii peretelui, în vederea stabilirii nivelului de refractaritate necesar pentru oțelul utilizat.

Problema care derivă din estimarea de temperatură înaltă a peretelui este că metodica clasică de dimensionare sau verificare a focarelor, bazată pe ecuația criterială a invariantilor Boltzmann și θ_f , nu ține cont tocmai de această temperatură. Este ușor de urmărit că singurele temperaturi care apar în invariantii amintiți sunt cea teoretică și cea de ieșire a gazelor de ardere din focar. De asemenea, nici în ceilalți parametri fizico – chimici cuprinși în forma determinată empiric a ecuației criteriale pentru focare, nu apare temperatura de perete ca parametru de calcul. Explicația este evidentă, deoarece însăși utilizarea criteriul Boltzmann în calculul focarelor are la bază neglijarea temperaturii peretelui în raport cu temperatura teoretică de ardere (situație care nu mai este evidentă în cazul aplicației studiate).

Este necesară deci aplicarea unei metodici de calcul care să țină cont de parametrul temperatură de perete, fiind propusă în prezenta lucrare metoda de estimare a transferului global de căldură de la gazele de ardere la perete prin definirea unui coeficient global de convecție care cuprinde echivalarea în termeni de convecție a radiației gazelor și suprapunerea cu fenomenul de convecție la perete generat de curgerea gazelor de ardere în focar. Metoda este clasică pentru calculul convectivelor în situația temperaturilor ridicate ale gazelor de ardere (peste 400 °C) și deci este amplu verificată în practică.

Această alegere este susținută de faptul că vitezele de curgere ale gazelor de ardere în focarele tip tub de flacără specifice pentru acest tip de aplicații sunt semnificative, uzual cuprinse în domeniul 3 – 8 m/s, iar caracterul transferului radiativ la tuburile de flacără cu raport lungime/diametru mai mare de 2 poate fi asimilat cu radiația în țevi, lungimea caracteristică (de radiație) fiind puternic influențată de diametrul focarului.

Tocmai pentru limitarea temperaturii peretelui focar (în vederea generării posibilității folosirii unor oțeluri cât mai puțin refractare și deci considerabil mai ieftine ca material și costuri de prelucrare), soluțiile constructive ale tuburilor de flacără prevăd extinderea suprafeței prin aripare pe partea agentului rece (aerul). Astfel, deoarece curgerea aerului se face prin canale, devine hotărâtor în calculul

coeficientului de transfer de căldură parametrul temperatură de perete, atât pentru estimarea randamentului extinderii de suprafață (randamentul aripioarei), cât și pentru estimarea parametrilor fizici ai aerului în zona de transfer de căldură.

2. Metodica de calcul:

Metodica vizează realizarea unui calcul de verificare deoarece, pentru scopul studiului, este importantă setarea unui set de parametrii constructivi și de solicitare funcțională și verificarea performanțelor de transfer de căldură în paralel cu determinarea temperaturii peretelui.

Date fiind particularitățile funcționale ale focarului în acest tip de aplicații, a fost ales ca parametru central de calcul și implicit parametru de închidere finală, temperatura peretelui focar.

Calculul începe cu determinarea temperaturii teoretice de ardere și estimarea, pe baza geometriei interioare a focarului, a temperaturii de ieșire din focar, cu ajutorul metodicii clasice de verificare, bazată pe ecuația criterială empirică a focarului (funcție de invarianții Boltzmann și $\theta_f = T_f/T_t$, a_f – coeficient de absorbție al focarului și M – factor de poziție al flăcării):

$$Bo = \frac{\varphi \cdot B \cdot V_g \cdot c_{pg}}{C_0 \cdot 10^{-8} \cdot \xi \cdot S_R \cdot T_t^3}$$

unde : $\varphi = 1 - q_{ext}$; B = debit de combustibil; C_0 = constanta Stefan-Boltzmann; V_g = volumul de gaze de ardere din arderea reală; c_{pg} = căldura specifică a gazelor de ardere; S_R = suprafața de transfer de căldură în focar.

Ecuația criterială a focarului :

$$\theta = \frac{Bo^{0,6}}{(M \cdot a_f)^{0,6} + Bo^{0,6}}$$

de unde rezultă temperatura de ieșire a gazelor de ardere din focar :

$$t_f = \frac{T_t}{\left(M \frac{C_0 \xi T_t^3 S_R}{(1 - q_{ext}) B V_g c_{pg}} \right)^{0,6} + 1} - 273,15 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Parametrii calculați, temperatura gazelor de ardere la ieșirea din focar TFR și fluxul de căldură cedat de gazele de ardere în focar QFR , sunt reținuți pentru compararea ulterioară cu valorile determinate prin metoda de calcul ce ține seama de temperatura peretelui focar, iar mărimile corespondente vor fi notate TF și QF .

După inițializarea parametrului temperatură a peretelui focar TPF (sau T_p) la o valoare estimată și preluarea valorii TFR (din calculul clasic, ca valoare setată de inițializare), se determină coeficientul echivalent convectiv de transfer de căldură generat de radiația gazelor din focar pe baza ecuațiilor caracteristice radiației în țevi a gazelor de ardere:

$$AGR = Co \cdot 10^{-8} \frac{a_p + 1}{2} a_g T_{gm}^3 \left[\frac{1 - \left(\frac{T_p}{T_{gm}} \right)^{3,6}}{1 - \left(\frac{T_p}{T_{gm}} \right)} \right] \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Este important de menționat că pentru moment a fost considerat doar cazul utilizării combustibilului gazos gaz metan (G20) care nu generează flăcări luminoase și deci nu este necesară calcularea unui coeficient de absorbție compus gaze de ardere – flacără pentru mediul radiativ din focar.

După determinarea vitezei de curgere a gazelor de ardere prin tubul focar, se determină coeficientul convectiv de transfer de căldură generat la peretele focar AGC și prin adunare cu coeficientul echivalent convectiv de transfer de căldură generat de radiația gazelor din focar AGR , se determină un coeficient global de transfer de căldură AGF de la gazele de ardere la peretele focar.

În continuare se determină caracteristicile de transfer de căldură pe partea aerului ($ALFAER$ – coeficient de convecție corectat cu randamentul aripioarei $RAND$ sau η_{nerv} și ținând cont de geometria extinderii de suprafață și de condițiile de transfer de căldură):

$$X_D = \frac{D_{nerv}}{d_e}$$

$$X_I = H_{nerv} \left(\frac{2 \cdot \alpha_{aer}^*}{\lambda_{nerv} \cdot B_{nerv}} \right)^{0,5}$$

D_{nerv} = diametru exterior nervură; d_e = diam. exterior focar; H_{nerv} = înălțime nervură; B_{nerv} = grosime nervură; λ_{nerv} = conductivitate termică material nervură; α^* = coef. convectiv la ext. nervurii

- pentru $X_I > 0.8$:

$$A_\eta = 0,8 - 0,05 \cdot (X_D - 2)^{0,797}$$

$$B_\eta = 0,363 + 0,14 \cdot (X_D - 2)^{-0,631}$$

$$C_\eta = 0,525 - 0,071 \cdot (X_D - 2)^{2,359}$$

$$\eta_{nerv} = A_\eta - B_\eta \cdot (X_I - 0,8)^{C_\eta}$$

- pentru $X_I < 0.8$:

$$A_\eta = 1$$

$$B_\eta = 0,295 + 0,066 \cdot (X_D - 2)^{0,71}$$

$$C_\eta = 1,737 - 0,093 \cdot (X_D - 2)^{1,13}$$

$$\eta_{nerv} = A_\eta - B_\eta \cdot (X_I)^{C_\eta}$$

$$ALFAER = \alpha_{AER} \cdot \frac{RAND \cdot S_{ARIP} + S_{LIS}}{S_{ARIP} + S_{LIS}} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

Este interesant de observat că, datorită raportului mic între înălțimea aripioarei și diametrul la bază, nu se pot aplica ecuațiile criteriale specifice țevilor cu aripioare, ci se folosește ecuația criterială a transferului de căldură convectiv la curgerea prin canale, lungimea caracteristică fiind diametrul echivalent hidraulic al canalului format între aripioare.

Se recalculează temperatura peretelui TPF cu ecuația:

$$t_{pf} = \frac{\left(\alpha_{ga} \cdot t_{ga} + \alpha_{aer} \cdot \frac{S_{tot}}{S_R} \cdot t_{aer} \right)}{\left(\alpha_{ga} + \alpha_{aer} \cdot \frac{S_{tot}}{S_R} \right)} \quad [^{\circ}C]$$

Pornind de la noua valoare a temperaturii medii a peretelui, se calculează, cu relația de verificare a suprafețelor convective, temperatura de ieșire a gazelor de ardere din focar TF :

$$t_f = t_{pf} + (t_t - t_{pf}) \cdot e^{-\frac{AGF \cdot S_R}{B \cdot V_g \cdot c_{pg} \cdot \varphi}} \quad [^{\circ}C]$$

În continuare, după determinarea căldurii specifice a gazelor de ardere la temperatura teoretică și la temperatura de ieșire din focar, se determină fluxul de căldură cedat de debitul de gaze de ardere în focar, adică tocmai QF :

$$QF = B \cdot V_g \cdot (1 - q_{ext}) \cdot \left(c_{pg}^{(t_t)} \cdot t_t - c_{pg}^{(t_f)} \cdot t_f \right) \quad [W]$$

Se determină erorile de închidere între valorile de inițializare și cele calculate pentru temperatura de ieșire a gazelor de ardere din focar ($TF \leftrightarrow TFR$) și pentru sarcina termică utilă a focarului ($QF \leftrightarrow QFR$).

Dacă erorile sunt mai mari decât cele admisibile (de ordinul 0,1 %) se reia bucla de calcul reinițializându-se valorile cu cele calculate.

Dacă erorile sunt mai mici decât cele admisibile, calculul se consideră încheiat și se memorează parametrii funcționali ai focarului.

3. Metodica de studiu și parametrării de calcul:

În vederea determinării validității metodei clasice de calcul (cu invarianți) pentru situația funcțională analizată în prezenta lucrare și pentru a identifica principalii parametrii constructivi sau funcționali care influențează parametrii urmăriți (TF și QF), s-au executat rulări în condițiile variației următorilor parametri:

- *Debitul de combustibil* a fost variat într-un domeniu care să acopere o plajă de cca. 30% $\leftrightarrow$ 150% față desituațiile de lucru nominale. Incadrarea domeniului s-a realizat și prin determinarea încărcării termice volumice a focarului ($q_f = B \cdot H_i / \text{volum focar}$) și compararea acesteia cu situațiile clasice funcționale. Au fost studiate trei geometrii de focar, cu diametre de 500 , 1000 și 1500 mm și lungimi de 1500, 2500 și respectiv 4000 mm (pentru menținerea raportului lungime/diametru în domeniul 2,5 ... 3 , caracteristic focarelor tip tub de flacăra cu străbatere).
- *Lungimea focarului* a fost variată în domeniul 1200 ... 2800 mm , pentru o soluție constructivă cu diametrul de 700 mm ; domeniul a fost ales pentru a genera o variație a raportului lungime/diametru în domeniul 1,6 ... 4 . Sarcina termică dată de combustibil ($100 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{h}$) a fost menținută constantă, la o valoare normală pentru dimensiunile medii ale focarului.
- *Diametrul focarului* a fost variat, pentru un debit de combustibil constant de $50 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{h}$ și o lungime de 1500 mm, în domeniul 400 ... 900 mm. Alegerea domeniului a fost generată la limita inferioară de dimensiunile flăcării (diametru minim de cuprindere a flăcării la sarcina termică stabilită), iar la limita superioară de scăderea raportului lungime/diametru sub valoarea 2.
- *Viteza de curgere a aerului* la exteriorul tubului focar (curgere transversală) a fost variată în domeniul 5 ... 15 m/s, domeniu uzual pentru generatoarele de aer cald. Soluția constructivă calculată a fost cu diametru de 700 mm și lungime de 2000 mm, debitul de combustibil fiind stabilit la $100 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{h}$.
- *Înălțimea aripioarei* a fost variată în domeniul 20 ... 100 mm, obținându-se un grad de extindere al suprafeței interioare cuprins între 2,5 și 9 , domeniu uzual pentru acest tip de generatoare de aer cald. Pentru tubul focar a fost ales un diametru de 500 mm și lungime de 1500 mm , debitul de combustibil fiind stabilit la $100 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{h}$. Valorile au fost alese pentru a simula o solicitare termică mare pe partea gazelor de ardere, în vederea amplificării efectelor extinderii de suprafață (față de o situație în care rezistența termică a transferului de căldură de la gazele de ardere la perete ar fi mare).

Pentru toate situațiile de calcul, grosimea aripioarei a fost aleasă de 5 mm (pentru a avea o rezistență mecanică ridicată și a avea rigiditate în situațiile de dilatare) iar spațiul liber dintre aripioare a fost stabilit la 25 mm.

Parametrii urmăriți au fost, după natura lor :

- *Temperaturi* : temperatura peretelui focar TPF (sau T_{per}) și temperatura gazelor de ardere la ieșirea din focar, în cazul calculului cu invarianti Tf_{Bo} iar în cazul calculului propus T_f .
- *Sarcini termice* : atât cele utile preluate de focar QFR (notate și Qf_{Bo} – sarcină cu invariant Boltzmann) și respectiv QF (notate și Qf – sarcină cu calcul radiativ și convectiv), cât și valorile specifice corespunzătoare, exprimate ca încărcare termică specifică de transfer de căldură qFR [kW/m^2] și respectiv qF [kW/m^2].
- *Coeficienți de transfer de căldură* : pe partea gazelor de ardere, din transferul radiativ AGR , din convecția forțată AGC și suma lor AGF și, pe partea aerului, ca valoare brută a convecției la curgerea prin canale α_{AER} și ca valoare corectată cu randamentul extinderii de suprafață $ALFAER$. De asemenea, a fost determinat coeficientul global de transfer de căldură K_{foc} .

4. Prelucrarea rezultatelor și concluzii parțiale:

Au fost realizate determinări pentru un număr de circa 100 de situații constructiv – funcționale **distincte, semnificative și reprezentative**, pe baza cărora s-au putut trage concluzii referitoare la comportamentul focarului în condițiile varierii parametrilor de bază și domeniul de validitate al metodei clasice de dimensionare (metoda cu invarianti $Bo - \Theta_f$, fără considerarea temperaturii peretelui focar ca parametru de calcul).

Astfel, în graficul fig.1 se prezintă evoluția comparativă a principalilor parametri de temperatură și sarcină termică. Rulările au fost facute pentru o geometrie medie a focarului, diametru de 1000 mm și lungime 2500 mm, fiind variat debitul de combustibil între 50 și 450 m^3_N/h (sarcină termică cca. 500 – 4500 kW).

Este important de observat că **pentru sarcini termice mici și medii** ($B_h = 50 - 200 m^3_N/h$) **calculul sarcinii termice transferate în focar este subevaluat de metoda cu invarianti** față de metoda care ține cont de efectul combinat al convecției și radiației (notată în continuare metoda CVR), **cu toate că temperatura peretelui este semnificativă** ($T_{per} = 600 - 800 ^\circ C$).

De asemenea, la sarcini termice mari, cu toate că solicitarea convectivă crește, totuși calculul cu invarianti oferă valori superioare calculului cu metoda CVR , datorită caracterului de tub de flacără al focarului, caracter care nu este luat în considerare de ecuația criterială a focarelor (care se referă în principal la geometriile tip cameră, fără încărcări volumice mari).

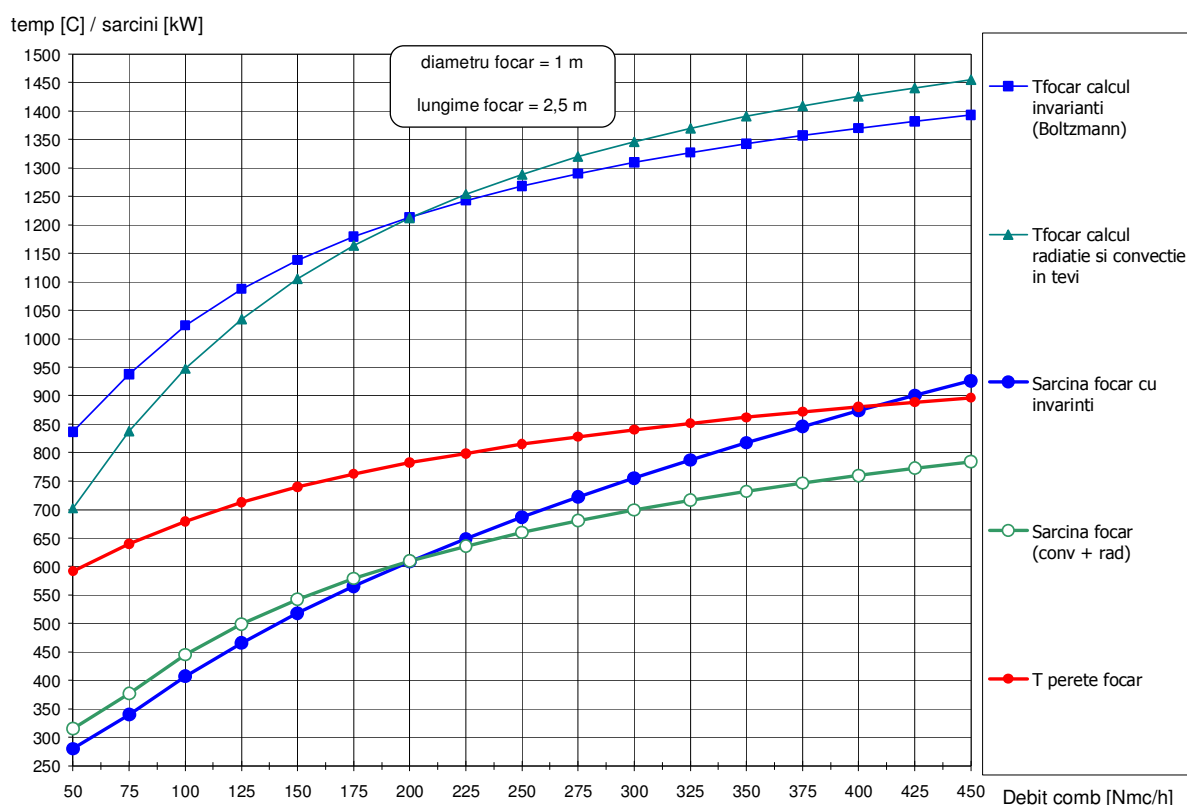


Figura 1 : Evoluția comparativă a principalilor parametri de temperatură și sarcină termică

Diferențele de temperaturi ale gazelor de ardere la ieșirea din focar între calculul cu invarianti și metoda *CVR* scad gradual cu creșterea debitului de combustibil de la + 150 °C la – 50 °C (dar influența la debite mari de combustibil este importantă, de cca. 20% supraevaluare a transferului de căldură față de metoda *CVR*, considerată mai exactă datorită faptului că ține cont și de temperatura peretelui focar și de combinația convecție – radiație).

În graficul fig.1, înălțimea aleasă de aripioară a fost de 50 mm, cu grosime de 5 mm, determinând un grad de extindere al suprafeței interioare de cca. 4,62. Chiar și în aceste condiții de extindere de suprafață, datorită solicitării termice importante pe partea gazelor de ardere, temperatura peretelui focar (pentru o viteză a aerului de 10 m/s) este peste 600 °C, impunându-se deci utilizarea unor oțeluri refractare pentru realizarea focarului.

În graficul fig. 2 se prezintă pe de o parte raportul (exprimat procentual) dintre fluxul de căldură calculat cu metoda *CVR* și cel calculat cu invarianti, iar pe de altă parte, se prezintă valorile pentru coeficienții globali de transfer de căldură caracteristici focarelor din situațiile modelate.

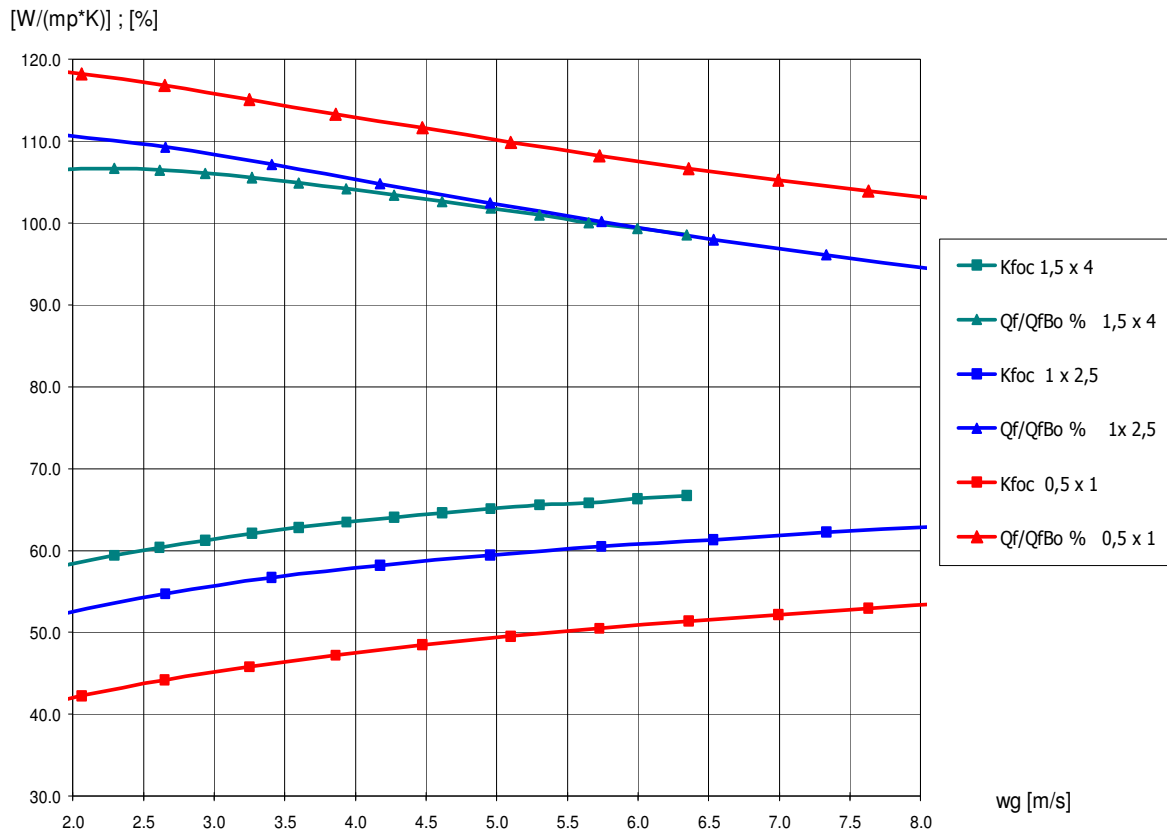


Figura 2 : Coeficienții globali de transfer de căldură și raportul sarcinilor calculate prin cele două metode

Din nou se pot observa subevaluările de sarcină termică (cca. 5 – 15 %) ale metodei clasice în domeniul încărcărilor mici și supraevaluările (de până la 10 %) la sarcini specifice (viteze de curgere gaze) mari.

În graficul fig. 3 se prezintă variația temperaturii la ieșire din focar, calculată în cele două variante de modelare, în funcție de încărcarea termică volumică a focarului și dimensiunile de gabarit ale acestuia ($L_{ung} \times \Phi$).

Este important de observat, ca și în figurile analizate anterior, că **metodica de calcul cu invarianți subevaluează transferul de căldură pentru geometriile cu lungime de radiație mare (tip cameră) și încărcări volumice mici (focare cu diametre peste 1200 -1500 mm și încărcări sub 700 kW/m^3) și îl supraevaluează pentru încărcări mari.**

La geometrii cu lungime de radiație mică (focare cu diametre sub 700 mm) metoda de calcul cu invarianți subevaluează transferul de căldură pe tot domeniul funcțional.

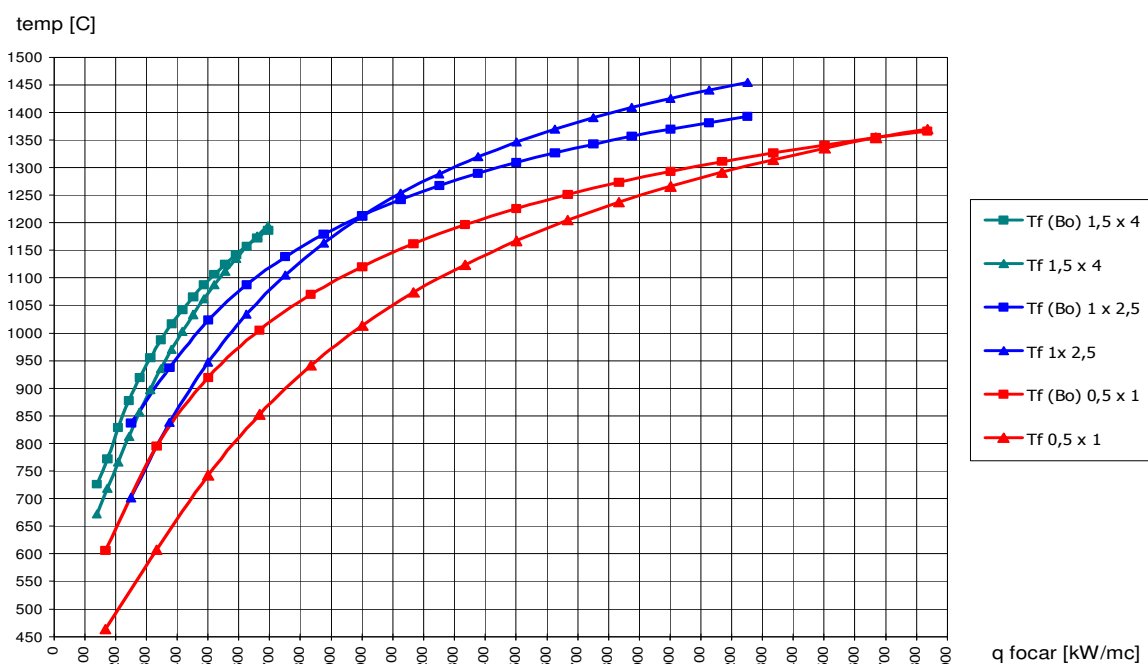


Figura 3 : Temperatura de ieșire din focar în funcție de metoda de calcul și geometria focarului, la variația încărcării volumice a focarului

Se constată astfel că metoda de calcul cu invarianti, aplicată la tuburi de flacăra, în ciuda faptului că nu ține cont de temperatura peretelui (care este de ordinul 750°C), ceea ce ar sugera o supraevaluare a schimbului de căldură, realizează de fapt, în multe situații de lucru, o subevaluare a acestuia. Consecința este că **dacă s-ar realiza un calcul al temperaturii de perete prin echivalarea fluxului de căldură calculat cu metoda invariantilor, s-ar subestima temperatura peretelui față de situația reală.**

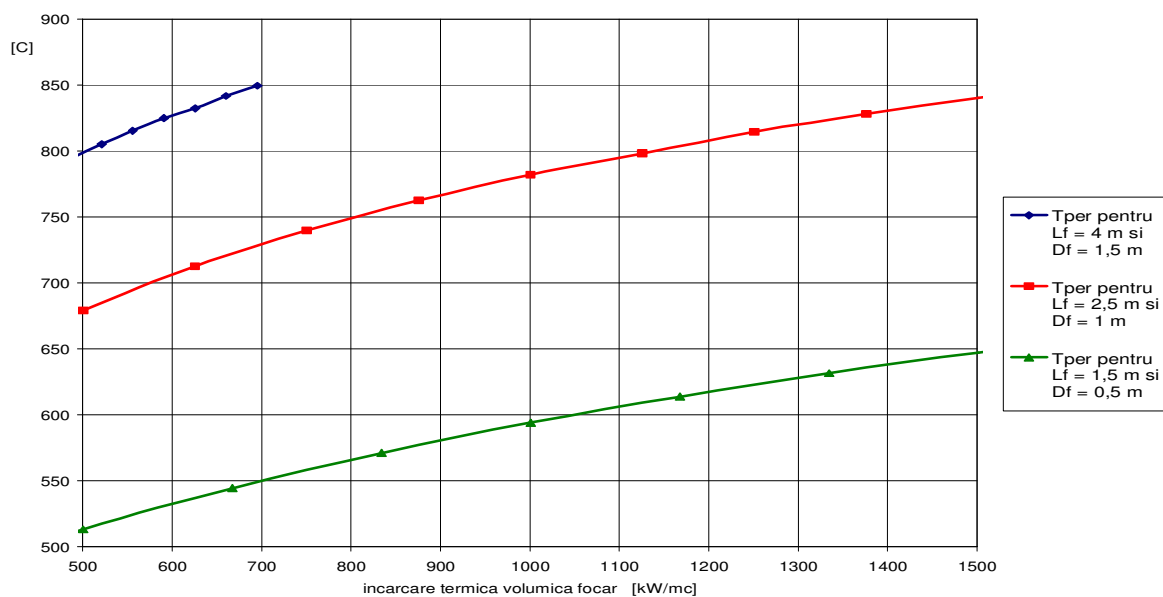


Figura 4 : Dependența $t_{\text{per}} - q_{\text{vol}}$ pentru diverse geometrii de focar

Figura 4 ilustrează că pentru încărcări volumice normale, cuprinse între 500 și 1500 kW/m³, temperatura peretelui este peste 500 °C, cu atât mai mare cu cât volumul focar este mai mare, atingând valori 800 – 850 °C către limita superioară a domeniului. Se impune deci ca soluțiile constructive să fie protejate prin alegerea de material refractar la realizarea focarului.

Pentru o situație medie de dimensiuni și încărcări termice, a fost analizată evoluția coeficienților parțiali de transfer de căldură la modificarea diametrului focarului și efectul cumulat asupra transferului de căldură, rezultatele fiind prezentate în figura 5. Se poate observa că, pe măsură ce scade diametrul focar, se compensează scăderea de radiație cu creșterea de convecție, coeficientul global de transfer de căldură rămânând relativ constant (variație sub 5% pe domeniul analizat).

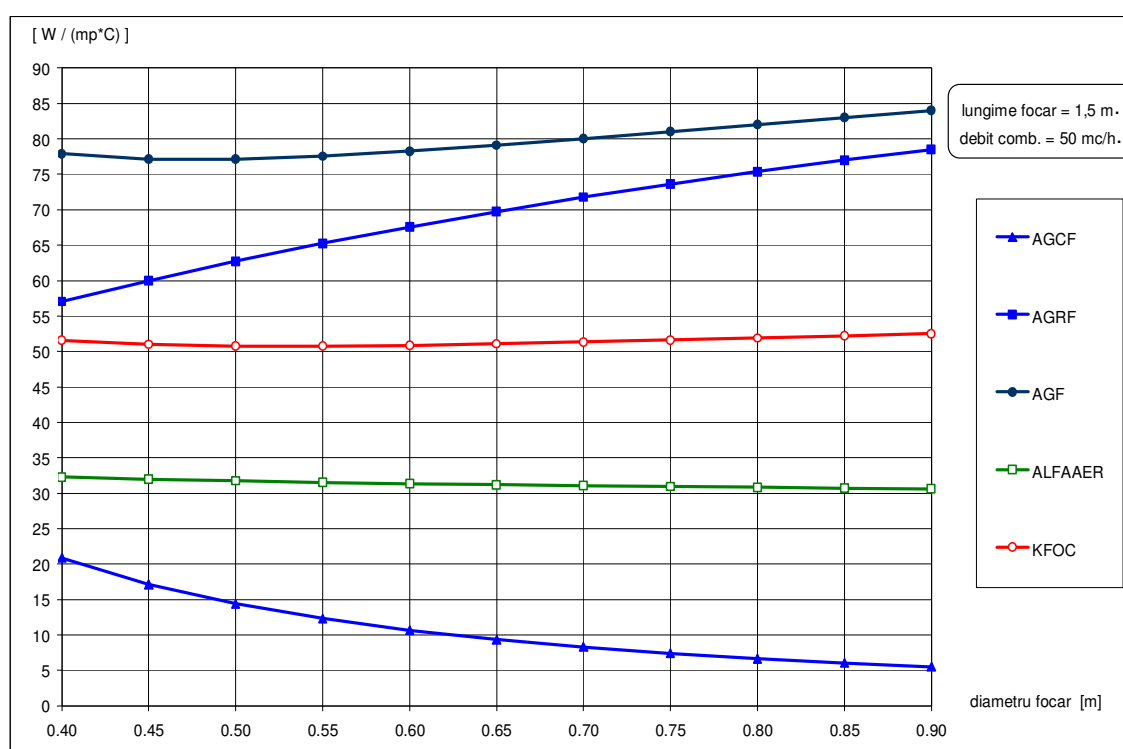


Figura 5 : Evoluția coeficienților de transfer de căldură la modificarea diametrului focarului

Lungimea focarului reprezintă un alt parametru a cărei variație a fost considerată importantă atât în caracterizarea comparației dintre cele două metode de calcul, cât și în caracterizarea funcțională a focarului, mai ales prin prisma temperaturii peretelui.

În graficul fig.6 sunt prezentate variațiile principalilor parametri cu lungimea focarului. Astfel, se constată că temperatura peretelui scade cu mărirea lungimii de focar (datorită scăderii temperaturii medii a gazelor de ardere din focar, determinată de creșterea sarcinii termice schimbate) având o variație între 680 și 780 °C pentru situația funcțională analizată.

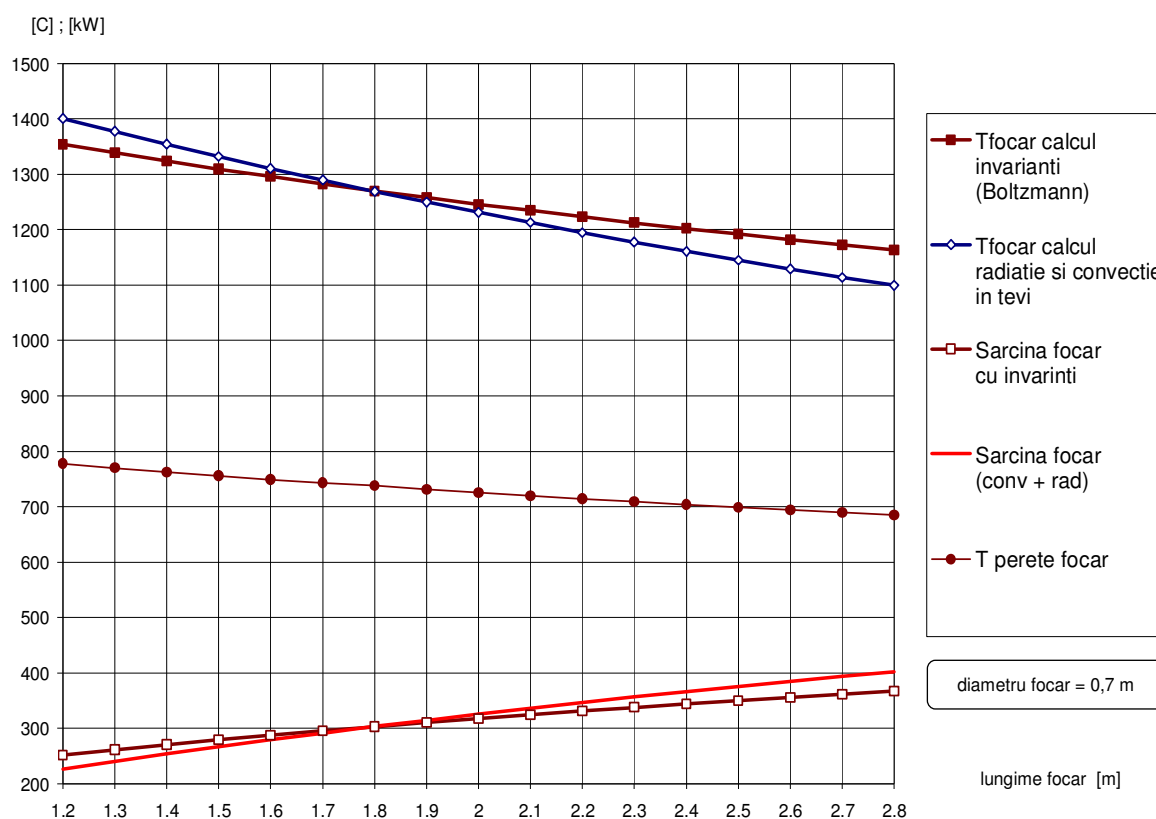


Figura 6 : Variația parametrilor cu lungimea focarului

În figura 7 este prezentată influența vitezei de curgere a aerului asupra parametrilor funcționali ai focarului pentru o înălțime de aripioară de 50 mm și un diametru focar de 700 mm, o lungime focar de 1200 mm și o sarcină dată de combustibil de 1000 kW (condiții de încărcare mare).

Astfel, la creșterea vitezei de curgere a aerului, randamentul aripioarei scade, de la valori de cca. 88 % pentru 5 m/s la valori de cca. 75 % pentru 15 m/s, dar creșterea de coeficient convectiv de la 20 la 40 W/(m²·K) acoperă această scădere, ducând în final la o creștere a coeficientului global de transfer de căldură de la 48 la 58 W/(m²·K).

Un parametru constructiv definitoriu pentru soluția de focar aleasă este înălțimea aripioarei. Pentru a analiza influența acesteia asupra transferului de căldură și asupra temperaturii peretelui, a fost aleasă o soluție constructivă de focar cu un diametru de 500 mm, o lungime de 1500 mm și o sarcină dată de combustibil de cca. 1000 kW (condiții de încărcare mare).

Pentru aripioare s-a ales o grosime constantă de 5 mm și un pas de 25 mm iar înălțimea a fost variată în domeniul 20 – 100 mm.

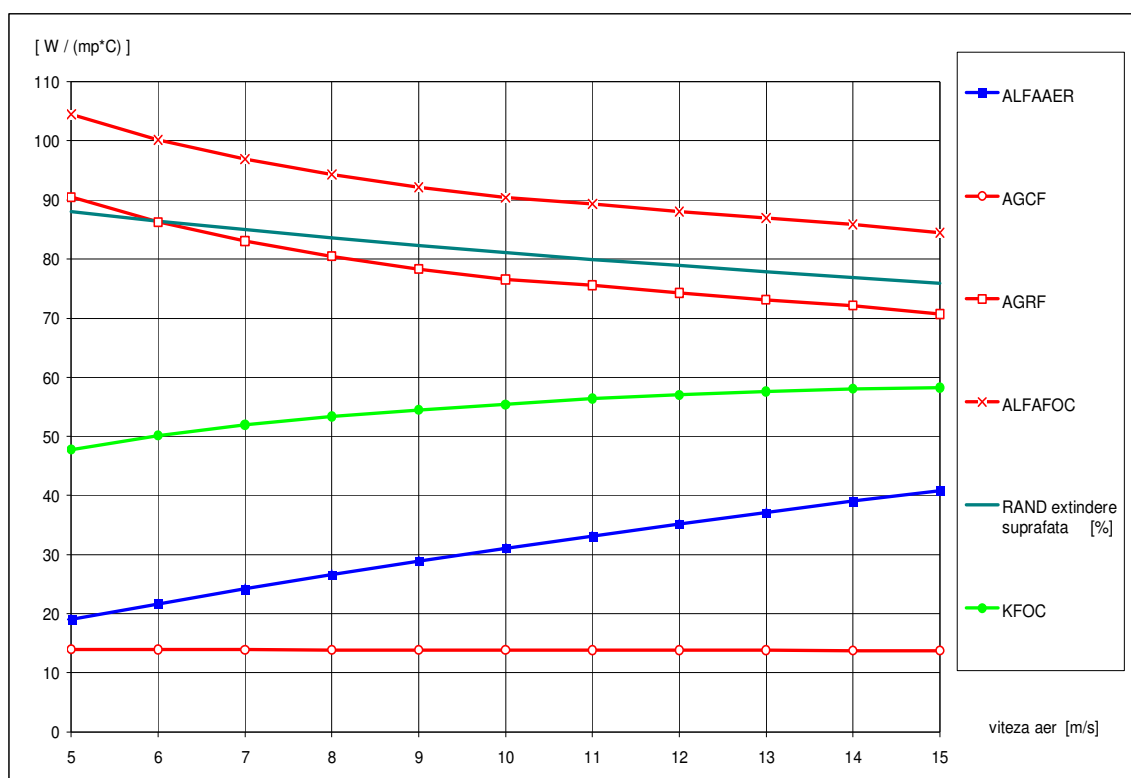


Figura 7 : Influența vitezei aerului asupra parametrilor funcționali ai focarului

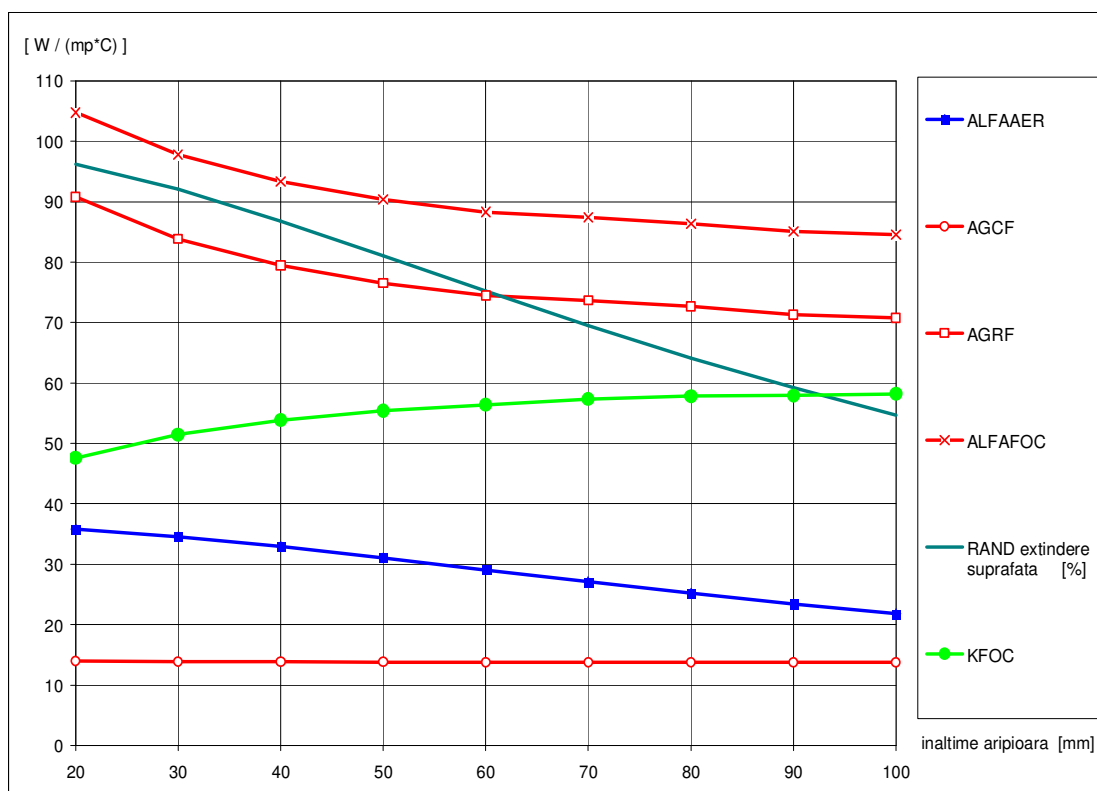


Figura 8 : Influența înălțimii aripioarei asupra transferului de căldură

În figura 8 este prezentată grafic variația parametrilor de transfer de căldură și se poate observa efectul pozitiv al creșterii înălțimii asupra coeficientului global de transfer de căldură.

Astfel, în ciuda scăderii randamentului extinderii de suprafață de la 95% la 55% și a scăderii concomitente a coeficienților de transfer de căldură atât pe partea aerului (de la 36 la 22 W/(m²·K)) cât și pe partea gazelor de ardere (de la 105 la 85 W/(m²·K)), datorită creșterii gradului de extindere $S_{\text{tot}}/S_{\text{foc}}$ de la 2,5 la 9, coeficientul global de transfer al focarului crește de la 48 la 58 de W/(m²·K).

În figura 9 este prezentat efectul creșterii extinderii de suprafață asupra temperaturii peretelui și se poate observa scăderea semnificativă a acesteia pentru cazul studiat, de la 950 °C la 625 °C.

În același timp se poate observa cum, spre deosebire de modelul de calcul cu invarianți, care generează pe tot domeniul de variație a înălțimii de aripioară o temperatură de ieșire a gazelor de ardere constantă (independentă de temperatura peretelui), modelul *CVR* oferă rezultate mult mai corecte și concordante cu realitatea fizică a procesului de transfer de căldură analizat.

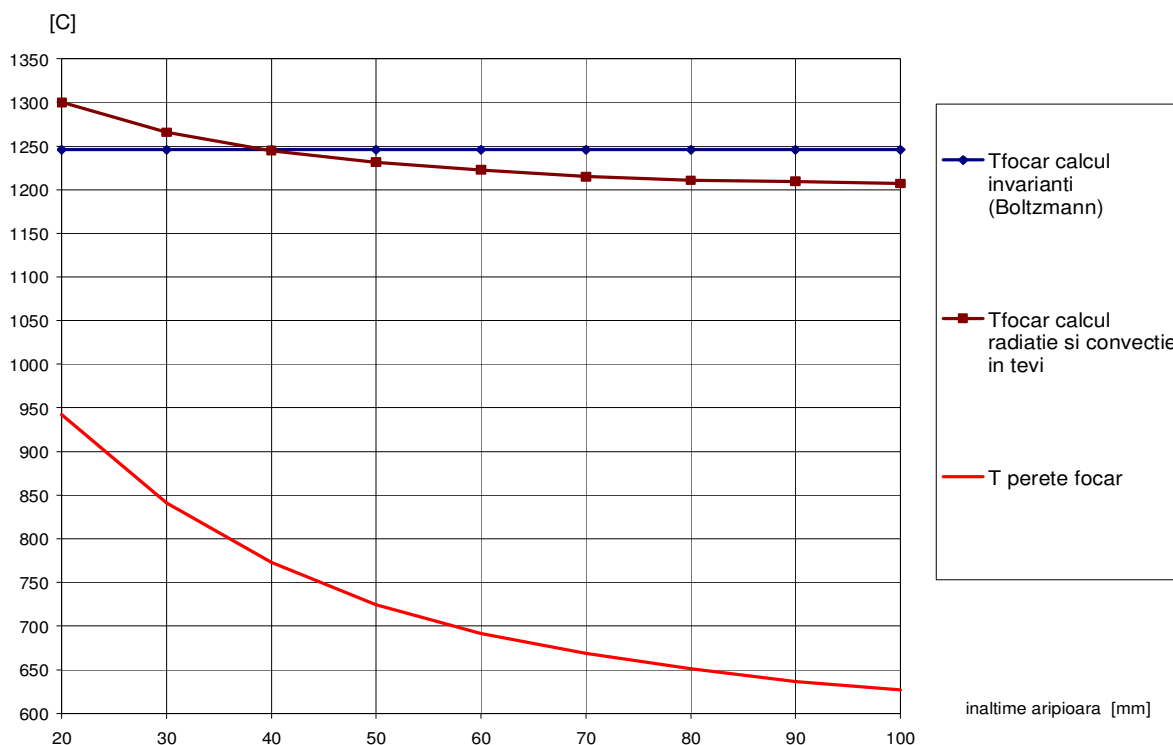


Figura 9 : Influența înălțimii aripioarei asupra temperaturii peretelui focar

5. Concluzii și perspective:

În urma analizei datelor de calcul, au rezultat următoarele **concluzii referitoare la comparația dintre modelul de calcul bazat pe ecuația criterială cu invarianti și modelul de calcul bazat pe superpoziția efectelor convecției și radiației**, aplicate la focarele tubulare cu extindere de suprafață, din construcția încălzitoarelor de aer cu gaze de ardere:

- a. Modelul de calcul clasic, cu invarianti (ecuația criterială $Bo - \Theta_f - a_f - M$), a sarcinii termice pentru focarele încălzitoarelor de aer, are dezavantajul că nu ține cont de temperatura peretelui focar, în condițiile în care aceasta variază uzual într-o plajă foarte largă, de la 300 la 900 °C;
- b. **Modelul de calcul cu invarianti subevaluează transferul de căldură pentru cazurile de focare cu o construcție de tip tubular cu lungime de radiație mică** (diametre mici, sub 700 mm și/sau raport lungime/diametru mare, peste 2,5);
- c. **Modelul de calcul cu invarianti subevaluează transferul de căldură pentru focarele tubulare cu încărcări termice volumice mici** (sub 700 kW/m³);
- d. Pentru calculul temperaturii de perete și pentru o mai mare exactitate în dimensionarea sau verificarea focarelor de tip tub de flacără se recomandă aplicarea metodicii *CVR*, dar pentru predimensionare sau verificarea rapidă a condițiilor de lucru, admitând erori de până la 20%, se poate folosi modelarea transferului de căldură cu invarianti (fără a se ține cont de temperatura peretelui);
- e. **Temperatura peretelui focar depășește uzual valoarea de 600 °C, ajungând până la valori de 900 °C**; determinarea exactă a temperaturii peretelui în acest domeniu de temperaturi este deosebit de importantă pentru alegerea tipului de material refractar în vederea asigurării durabilității focarului cu costuri minime;
- f. Creșterea gradului de extindere a suprafeței pe partea aerului este o soluție sigură și eficientă de scădere a temperaturii peretelui focar, eventual în paralel cu creșterea vitezelor de curgere pe partea aerului.

Perspectivile cercetării vizează:

Îmbunătățirea metodicii de calcul prin introducerea unor zonări în focar (calcularea focarului pe volume discrete) cu scopul determinării curbei de variație a temperaturii peretelui în lungul tubului focar.

Se va avea în vedere introducerea unor corecții de calcul pentru coeficientul convectiv echivalent de transfer de căldură generat de radiația mediului din focar, care să țină cont, pe lângă radiația gazelor de ardere, de radiația flăcării (pentru focarele cu combustibil lichid sau cele cu combustibil gazos și încărcări termice mari).

Se va lărgi domeniul de modelare prin introducerea unor parametri variabili suplimentari, cum ar fi temperatura aerului sau geometria extinderii de suprafață (alte variante în afara aripioarelor circulare), poate duce la obținerea unor recomandări de optimizare constructiv – funcțională pentru acest tip de aplicații.

O altă direcție de cercetare este reprezentată de realizarea unor modele experimentale în vederea rafinării modelării numerice și validării rezultatelor de calcul.

Bibliografie

- ANTONESCU N., CALUIANU V., STANESCU D., ANTONESCU N.N. – Echipamente termice pentru instalații de habitat și industriale – Editura BLACK SEA – București 2003 – 246 pag.
- CALUIANU V., STANESCU D., ANTONESCU N.N. – Aparat termice – Schimbătoare de căldură - îndrumător de proiectare – Editura U.T.C.B.-București ISBN 973-8165-85-7 dec. 2003 - 174 pag.
- STANESCU P.D., ANTONESCU N.N., POPESCU-OLEA LELIA – Indrumător de proiectare cazane - Editura MATRIX ROM - ISBN 973-755-087-0 - Bucuresti 2006 - 265 pag.
- ANTONESCU N.N. - Instalații de ardere și cazane cu eficiență energetică ridicată și poluare redusă – Complemente de curs - Editura MATRIX ROM – Bucuresti 2011-ISBN 978-973-755-699-8 – 269 pag.
- ANTONESCU N.N. - Modelisation numerique de la distribution des radiations thermiques dans une enceinte - comunicare SIENE - sept. 1991;
- CALUIANU V., ANTONESCU N.N. - Cercetări privind focare cu întoarcere de flacără - comunicare și publicat în volumul Conferința XXIX de Instalații - Sinaia oct.1995;
- ANTONESCU N.N. - Studiu comparativ privind procesele și parametrii funcționali ai focarelor de cazane mici - comunicare și publicat în volumul Conferința XXX de Instalații - Sinaia oct.1996;
- ANTONESCU N., CALUIANU V., STANESCU D., ANTONESCU N.N. - Studiul comparativ al soluțiilor constructive de focare specifice cazanelor mici - revista "Instalatorul", 1999, nr.1 , pg.55-58;
- ANTONESCU N., ANTONESCU N.N.- Metode analitice de determinare a fluxului termic al tuburilor radiante pe suprafețe cu obiecte verticale – Conferința a XXI-a „Știința modernă și energia” - Universitatea Tehnică Cluj-Napoca – mai 2002 - - volumul: „Producerea, Transportul și Utilizarea Energiei” - pg.83-90 – ISBN 973-656-224 -7 ;
- ANTONESCU N., CALUIANU V.,STANESCU D., ANTONESCU N.N. – Analiza constructivă și de modelare pentru cazanele de condensare "KESTON" de tip serpentină - Conferința a X-a " Termodinamica și transfer de căldură" - Facultatea de Instalații București - nov.2003 – publicat în volumul „Eficiență, Confort, Conservarea Energiei și Protecția Mediului” pg. 195-203 – București 2003 ;
- ANTONESCU N., CALUIANU V.,STANESCU D., ANTONESCU N.N. –Rezultate de calcul și validarea experimentală pentru modelul de calcul al transferului de căldură și masă la cazanele cu condensare - Conferința a X-a "Termodinamică și transfer de căldură" - Facultatea de Instalații București - nov.2003 – publicat în volumul „Eficiență, Confort, Conservarea Energiei și Protecția Mediului” pg. 203-211 – București 2003.

Metode de fundamentare a deciziilor în analiza tehnico-economică a randamentului sistemelor de irigații

Decision – make methods in technical-economic analysis of irrigation systems efficiency

Gheorghe Iordache¹, Alin Trifan¹, Marian Dordescu¹,
Anca Constantin², Lucica Rosu²

¹Administratia Nationala de Imbunatatiri Funciare - A.N.I.F., Sucursala Constanta

Str. Zburatorului, nr.4, Constanta, Romania

E-mail: goguioird@yahoo.com, dordesc@yahoo.com

²Universitatea "Ovidius" Constanta

Blv. Mamaia, nr. 124, Constanta, Romania

E-mail: aconstantina@univ-ovidius.ro, lucirosu@yahoo.com

Rezumat. În această lucrare, este prezentată o abordare multicriterială a tehnicilor de decizie, utilizate în managementul amenajărilor de irigații. Analiza economică a fost realizată utilizând metoda Electre III în cadrul căreia se cuantifică importanța relativă a criteriilor considerate. Alegerea pragurilor este determinată de specificitatea fiecărui criteriu, astfel încât să reflecte preferința factorului de decizie. Prin relevarea zonelor cu eficiență economică scăzută, analiza realizată contribuie la îmbunătățirea deciziilor care trebuie luate, constituind un important punct de plecare pentru alegerea celor mai bune metode de modernizare a amenajărilor de irigații. Lucrarea prezintă o analiză a unor importante criterii de evaluare a eficienței sistemelor de irigații în Sistemul hidrotehnic „Carasu - Nicolae Bălcescu”, județul Constanța.

Cuvinte cheie: tehnici de decizie pe criterii multiple, optimizare, sistem de irigație

Abstract. This study presents a multi-criteria approach for decision techniques used in irrigation system management. Economical analysis was made using Electre III method which counts the relative importance of the considered criteria. The level of importance is awarded by the decision-maker according to each specific criterion. By identifying the low economic efficiency areas, the analysis leads to the decisions improvement. It allows us to choose the best modernizing methods for the irrigations systems. This study reveals the analysis of the most important criteria evaluation of the irrigation system efficiency for Nicolae Balcescu hydrotechnical system which is part of Valea Carasu's irrigation system.

Key words: multi-criteria decisions techniques, optimizing, irrigation system

1. Introducere

The great changes that came in Romanian agriculture after 1989 had an impact on the irrigation system activity therefore reducing the irrigated areas percentage. The recovery of this activity is bound of assuring the efficiency of water distribution through a rigorous cost analysis also considering field and environment conditions, irrigation method, pumping levels and human factor.

Methods and techniques can be used in decision-making processes of management or the exercise of their functions (forecasting, organization, coordination, control - evaluation). Using methods and techniques result in a decision to increase the degree of rigor and thus the effectiveness of decisions, however distinguished, depending on the type of decision situations involved.

After the nature of the variables involved, state the objective conditions that mark the decision to solve the problem subject:

- decision-making methods and techniques used in optimizing decisions in conditions of certainty: additive method, the method ONICESCU decision table, the coefficient K method, etc.;

- methods and techniques used to optimize decision making under uncertainty: technical pessimistic, optimistic technique, technique optimality, proportionality technique, the technique of minimizing regret, etc.;

- methods and techniques used to optimize decision making under risk: decision tree technique, the method of mathematical expectation.

ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) is a method of ranking and selection in the presence of multiple viewpoints, allowing decision makers to adopt the most favorable solution for managing business entities.

ELECTRE was initially developed to estimate the uncertainty of the decision process by using the preference and indifference levels. ELECTRE is a non-compensating method - a low grade for a certain criteria cannot be compensated with better grades for other criteria. ELECTRE models allow incomparability. This element appears between A and B alternatives when there is no relevant evidence for A or B. There are interesting applications of this method in multi-criteria decisions theory. Main ELECTRE method concepts are: thresholds and ranking. First preordination Zt descending filtration process. The ascending filtration is made in the same way except for the fact that the low quality projects are restrained at the beginning. The result will be a pre-arrangement Z. In the same group the projects are equally arranged.

It is shown the efficiency irrigation criteria analysis such as the energetical one, the economic-financial and irrigation water distribution, from a water provider point of view, using the ELECTRE. By showing the critical areas, with low economic efficiency, this kind of analysis is improving the decisions that have to be made for the irrigation system administration. It's also a very important starting point for making the best modernizing choices. This study works with ELECTRE III version to synthesize the relative importance of the considered criteria.

2. Considerations of the Electre method implementation

Prezentarea va fi clară și concisă, iar simbolurile utilizate vor fi definite în cadrul unei liste de simboluri (dacă este cazul). Se va folosi Sistemul Internațional (SI) de unități de măsură.

Pentru editare folosiți stilurile predefinite în prezentul document, pentru păstrarea formatului cerut a textului. Numele stilurilor predefinite încep cu “RRIC_”.

The following types of criteria are taken into consideration:

- composed criteria: economical; hydro; energetical;
- primary criteria: modernization and readaptation costs, maintenance and repair costs, irrigation efficiency, the importance of the grants-in-aid, water volumes, lost volumes of water; improved area; contracted area; active/reactive energy consumption; specific consumption.

To be able to define a set of policies that includes economical, hydro and energetical aspects, a series of factors have been defined, factors that can be subject to exterior influences and can be modified according to the purpose of the analysis and the requirements of the system. These are: the method of setting up the irrigation system (A), the cost of the water (B), the irrigation stages (C) that has a strong influence on the energy consumption and the lost volume of water, crops planning (D), the irrigation system (E), grants-in-aid (F).

Total area of 28125 ha, the irrigation system „Nicolae Balcescu”, built in four energetical stages: stage 1 (Hpumping = 65 Mca, Surface = 3310 ha); -stage 2 (Hp = 91mCA, s = 4560 ha); -stage 3 (Hp = 113Mca, S = 16640 ha); -stage 4 (Hp = 143 Mca, S= 358 ha).

Disposing the irrigable surfaces in the four energetical stages makes one think that the irrigation system „Nicolae Balcescu” is a major energy consumer, having an impact on the economical indicators of A.N.I.F. R.A. Constanta which delivers water to the consumers.

The water distribution for plants is done by means of affusion on 24.049 ha (86%) and on furrows of 4.076 ha (14%). A surface of 21.990 ha is improved with underground pipes, and the surface of 6.135 ha with external pipes.

The amount of water necessary for this was calculated according to a crops planning in which the corn crop is dominant – 40% of the total surface, followed by cereal crops – 30%, sun-flower and alfalfa – 8%, soya – 7%, sugar beet – 3%, vegetables, vineyards and fruit trees – 2%.

For the evaluation of the chosen factors, the following qualifications have been used:

A = excellent, B= good, C= medium, D= sufficient, E = insufficient, and for the evaluation of the criteria were used numbers from 5 (=A) to 1 (=E).

There are four hypothesis influenced by each decision factor:

1. $P_{ECO} = 0,6$ / $P_{HIDRO} = 0,2$ / $P_{ENG} = 0,2$;
2. $P_{ECO} = 0,2$ / $P_{HIDRO} = 0,6$ / $P_{ENG} = 0,2$;

3. $P_{ECO} = 0,2$ / $P_{HIDRO} = 0,2$ / $P_{ENG} = 0,6$;
4. $P_{ECO} = 0,334$ / $P_{HIDRO} = 0,333$ / $P_{ENG} = 0,333$.

The qualitative matrix is the start point and it highlights 6 groups of factors and their subdivisions (18). According to this, there have been selected 3 factors (actions) whose weights double when it comes to estimating the criteria. The results are: „B- the price of the water”, „C-the irrigation stages” and „E-irrigation equipment”. All these factors have been sorted and analyzed, resulting a set of alternative policies. From the total we then obtain 18 realistic policies of interest. The selection criteria are: the sorting method, named the „screening method”; grading the global criteria: the profit, hydro criteria, energetical criteria: $B=C=0$; $D=1$; $E=2$; declaring 9 incompatible or irrational policies such as: incompatibility (A1) „Irrigation through furrows”(D2) „Haulm crops”, incompatibility B1 „current price of water” with F2 „cutting off the subventions”. Still, in the process of choosing these 18 policies there are also elements that are influenced by subjective decisions. The result is 8 final arrangements (Id3, Id10, Eco3, Eco10, Hidro3, Hidro10, Eng3, Eng10).

Table1

Interest and realistic policies									
No. policies	Alternat.	ID		ECO		HIDRO		ENG	
		Id3	Id10	Eco3	Eco10	Hidro 3	Hidro10	Eng3	Eng10
1	111111	1	4	2	2	5	5	1	3
2	111321	3	6	1	6	4	8	3	9
3	12 1222	3	4	3	2	3	5	3	4
4	122422	5	6	4	4	5	7	5	7
5	123322	7	8	5	9	9	9	8	10
6	123422	3	2	4	2	4	3	3	4
7	121312	9	2	7	5	8	4	5	2
8	211121	2	3	2	2	3	5	1	1
9	211421	1	1	1	1	2	2	2	2
10	211521	1	1	1	1	1	1	1	1
11	221512	11	5	7	4	10	5	7	5
12	223212	8	3	6	3	9	4	7	6
13	2224 12	5	6	4	7	3	4	5	5
14	31132 1	10	2	8	3	7	3	6	3
15	322322	7	7	5	8	5	5	4	8
16	322222	6	5	3	6	4	3	6	7
17	323512	8	7	6	9	6	6	6	10
18	323322	4	4	3	8	2	2	4	9

Electre maintains the diversity of the three criteria so that even if a strategy has a great performance within a criterion and a low performance within another criterion, they're both taken into consideration. Although policies 9 and 10 are on the first position, the method reveals interesting things about ranks 2,3 and 4.

a) ECO 10: decision maker interested in all involve-economic conditions:

PECO = 0,6 / PHIDRO= 0,2 / PENG =0,2 (0.1/0.2/0.1/0.2 0.1/0,04/0.04/0.02 0.1/0.1).

Table 2

ECO10		
No. Crt.	No. policies	Alternative ABCDEF
1	P9	2 1 1 4 2 1
	P10	2 1 1 5 2 1
2	P1	1 1 1 1 1 1
	P8	2 1 1 1 2 1
3	P12	2 2 3 2 1 2
	P14	3 1 3 3 2 1
4	P4	1 2 2 4 2 2
	P11	2 2 1 2 1 2

The institutional frame is not modified: the subventions are the same (F1); the irrigation stage is the most favorable (C1). The economical criterion predominating over, leads to an opposition towards progress and modernization. The method of irrigation through affusion is well positioned and her spreading can be seen on the entire surface. From a crops planning perspective, each of the proposed strategies are present here.

b) HIDRO 10: the decision factor involving the distribution of water:

PECO = 0,2 / Phidro= 0,6 / PEng=0,2 (0.04/0.06/0.04/0.06/0.3/0.12/0.12/0.06/ 0.1/0.1).

Table 3

HIDRO 10		
No. Crt.	No. policies	Alternative ABCDEF
1	P10	2 1 1 5 2 1
2	P9	2 1 1 4 2 1
	P18	3 2 3 3 2 2
3	P6	1 2 3 4 2 2
	P14	3 1 1 3 2 1
4	P7	1 2 1 3 1 2
	P12	2 2 3 2 1 2

P18 is surprisingly well positioned. It's a policy of changes in all departments, therefore, within this action there is nothing left from the initial state. A strong intervention is necessary in the following directions: increase in the price of the water with 150%, establishing a strict consumption of water, cutting off the subventions which leads to the minimalization of the irrigated surfaces. Even if the effect of the consequences on this is positive this policy can't be taken into consideration. P16, the policy that achieved the best position in this scenario involves giving up grants-in-aid,

doesn't have an applicable effect and this shows how insignificant is a singular action within the whole estimating policy.

c) ENG 10: the decision factor involving the energy:

PECO = 0,2 / PHIDRO= 0,2 / PENG = 0,6 (0.04/0.06/0.04/0.06/0.1/0.04/0.04/0.02/ 0.3/0.3).

Table 4

ENG10		
No.Crt.	No. policies	Alternative ABCDEF
1	P8	211121
	P10	211521
2	P9	211421
	P7	121312
3	P1	111111
	P14	311321
4	P3	121222
	P6	123422
5	P11	221212
	P13	222412

The criteria comprise aspects about specific consumption and the energy consumption. It is clear that the most favorable criterion is the first stage of pumping (C1 = stage 1), and giving up subventions is out of question (F1). The irrigation by dripping method (A3), that would have saved energy can't be considered, requiring a great financial and technological effort.

d) ID 10: the decision factor involving all three criteria:

PECO = 0,33 / PHIDRO= 0,33 / PENG = 0,34 (0.06/0.1/0.06/0.11/0.17/0.07/0.06/ 0.03/ 0.17/0.17).

Table 5

ID 10		
No. Crt.	No. policies	Alternative ABCDEF
1	P9	2 1 1 4 2 1
	P10	2 1 1 5 2 1
2	P6	1 2 3 4 2 2
	P7	1 2 1 3 1 2
	P14	3 1 1 3 2 1
3	P8	2 1 1 1 2 1
	P12	2 2 3 2 1 2

The decision factor has to choose between many alternative policies: some of them are not suggesting radical changes, for example, best arrangement method is the affusion which has the majority in this case. The crop plan includes all strategies, mostly corn which is till now the predominant culture, but also sun-flower and

vegetable + potatoes, which act very good during irrigation. As for the increasing water price, 60% of the versions maintain the actual one, same for subventions. Medium politics dominance reflects the multiple problems from which the decision factor has to choose.

Results

PI - 1 1 1 1 1 1 -: „Actual state" (clasifications: Id10: 4 / Eco10: 2 / Hidro10: 5 / Eng10: 3)

Most of the 1 criteria reflects the actual state from the studied system. PI has a good evaluation considering the economic point of view, but a low classification from the hydro-energetical point of view because it's considering only the I stage. Overall, the 4-th place obtained considering policies is not satisfying.

P4 -1 2 2 4 3 2-: „No subventions, in favor for sun-flower" (clasifications: Id10: 6/Eco10: 4/Hidro10: 7/Eng10: 7)

This very liberal strategy (cutting off the subventions and rising the water price) has a high cost not only from the economic reasons but also energetic ones, with no compensations for a hidro level. Theese are the reasons for low clasifications in each sharing system

P9 - 2 1 1 4 2 1 -: „Compromises" (clasifications: Id10: 1 / Eco10: 1 / Hidro10: 2 / Eng10: 2)

Number 9 strategy provides compromises for the economic, energetical and environmental fields as to obtain best classifications in each share system. Considering the arrangement, the option is "affusion" (A2), suggest the expansion of sun-flower culture (D4) and, of course, the proper irrigation equipment (E2).

P12 - 2 2 3 2 1 1 -: „for the III-rd degree" (clasifications: Id 10: 3 / Eco 10: 3 / Hidro10: 4 / Eng10: 6)

First 2 2 pair is a proper strategy for water saving: affusion irrigation system(A2), rising the water price(B2), but working on the IIT scale (C3) leads to a high hydro-energetical cost so , eventually, the strategy gives us unsatisfactory classification.

P13-2 2 2 4 1 2-: „Revolution"(Id 10: 6 / Eco10: 7 /Hidro10: 4 /Eng10: 5)

This strategy implies too many changes – even changes at an institutional level: cutting off subventions, the semnificative growth of the price of the water. Although is very efficient for the hydro criterion, economically it's eutopic.

P17 - 3 2 3 5 1 2 -: „Pro vegetables + potatoes" (cotări: Id10: 7 / Eco10: 9 / Hidro10: 6 / Eng10: 10)

This strategy also implies important changes at an institutional level, but it's not acceptable due to high economical and energetical costs.

3. Conclusion

The way of approaching the decisional matter, used in this study leads to achieving some orientative results for the decision factor. The next step is replacing the criteria with real facts, which makes it more precise and easier to be interpreted.

As a conclusion, we can say that the best hydro strategy is by far keeping things the way they are and requiring major changes regarding the water volumes (measurement, the impermeability of sewers and most of the surfaces equipped with underground pipes), the crops structure (advising the farmers to cultivate high rated crops for irrigations and for the farmer itself), the price of water and the subventions (maintaining the current price by investments made for rehabilitating the system).

References

- [1] Arondel, C., P. Girardin, 1998: Sorting Cropping Systems on the Basis of their Impact on Groundwater Quality, *European Journal of Operational Research*.
- [2] Cismaru C., V. Gabor, T.V. Blidaru, D. Scripcariu, 2000, Studii privind eficiența lucrărilor de reabilitare și de modernizare a sistemelor de irigații cu mai multe trepte de pompare, *Ovidius University Annals of Constructions* Vol. 1, Nr. 2.
- [3] Constantin N., S. Dumitriu, 2003, Multimodel Approach for Electrical Actuator Control, *Proc. 4*Int. Conf. on Electromechanical and Power Systems, SIELMEN*, pp. 139-143.
- [4] Iordache, Gh., L. Roșu, C. Maftai, C. Gherghina, 2001, Cercetări privind eficiența sistemelor de irigații din zone colinare, în corelație cu suprafața irigată pe trepte energetice și studiu de caz, *Bul. Inst. Politehnic din Iași, Seria Hidrotehnică, XLVII (LI), Fasc. 1-4, (II), Iași, România*, pp. 213-218.
- [5] Nicolaescu, I., 1993, Bazele modernizării sistemelor de irigații în România. Partea a II-a, *Revista Hidrotehnică*, nr. 10, pp. 17-26.
- [6] Oezelkan, E.C., L. Duckstein, 1996, Analysing Water Resources Alternatives and Handling Criteria by Multi Criterion Decision Techniques, *Journal of Environmental Management*, no. 48, pp. 69-96.
- [7] Roșu L., C. Maftai, M. Dobre, A. Șerban, Gh. Iordache, 2004, ELECTRE Method Used in the Economical Analysis of Romanian Irrigation Systems, *6th International Congress on Advancing Civil Engineering*, 6-8 October, Istanbul, Turkey.
- [8] Roy, B., 1991, The Outranking Approach and the Foundations of ELECTRE Methods, *Theory and Decision*, Volume 31, France, pp. 49-73.

Determinarea factorilor de influență ai consumului de energie electrică în stația de epurare Oradea

Determining factors that influence energy consumption in Oradea WWTP

Gheorghe-Constantin Ionescu¹, Emil Gligor², Florin Dan³

¹Universitatea din Oradea,
Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania
e-mail: gheionescu@gmail.com

²Universitatea din Oradea,
Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania
e-mail: gligoremil13@yahoo.com

³Centru de cercetare Interobiz,
Penes Curcanul Nr.4, Oradea, Romania
e-mail: florin.dan@interobiz.ro

Rezumat. Stațiile de epurare sunt consumatori importanți de energie electrică din sistemul energetic național. Determinarea factorilor ce influențează consumul de energie electrică este primul pas în reducerea costurilor cu energia electrică, cost care deține un procent important în costul total de operare al stației, consumul lunar fiind de 200 ÷ 500 MWh, ceea ce conduce la un cost de 60.000 ÷ 150.000 RON într-o lună la un preț de 300 RON/MWh. Determinarea factorilor care influențează consumul de energie electrică este primul pas către procesul ulterior de prognoză a consumului de energie electrică.

Cuvinte cheie: factorii de influență ai consumului de energie electrică, eficiența stațiilor de epurare, corelația dintre factorii de influență ai consumului de energie electrică și consum

Abstract. Wastewater treatment plants are important consumers of municipal electricity from the national energy system. Determining the factors that influence this electric energy consumption is the first step in reducing the costs of these energy consumption which is an important part of operating costs, monthly consumption ranging between 200-500 MWh per month depending on the capacity which leads to a significant monthly operating cost between 60.000 and 150.000 RON / month at a price 300 RON / MWh. The electric energy consumption influence factors identification contributes to the ulterior process of electric energy forecast.

Keywords: electric energy consumption influence factors, wastewater treatment plant efficiency, correlation between the influence factors and the electric energy consumption

1. Introducere

O condiție prealabilă pentru realizarea unei analize precise de identificare a factorilor de influență a consumului de energie electrică este înțelegerea aprofundată a caracteristicilor consumului care urmează să fie modelat și în primul rând a procesului care absoarbe acest consum [1,3]. Aceste cunoștințe despre comportamentul de sarcină sunt dobândite din experiența utilizării datelor de consum și prin analiza datelor statistice de consum din trecut. Consumatorii de energie electrică care funcționează într-un mediu economic și climatic similar au, de obicei, un comportament de consum asemănător, datorită factorilor de influență a consumului, care determinate pentru un consumator, pot fi de obicei ușor adaptate pentru a se utiliza la un alt consumator [4,5]. Sarcina furnizată de un sistem de distribuție a energiei electrice (EE) are o evoluție dinamică și reflectă, în mod direct, activitățile și condițiile din mediul înconjurător [6].

2. Prezentarea consumatorului analizat

În stațiile de epurare e foarte dificil să se controleze factorii de influență ai consumului, datorită procesului care este continuu. Pe de o parte procesul de epurare al apelor uzate din stația de epurare este continuu, apa uzată intrând în stație din sistemul de canalizare, pe de altă parte procesul tehnologic este unul unitar (mecanic, chimic și în special biologic) care nu poate fi oprit sau deconectat de la sursa de energie electrică.

Stația de epurare primește apele uzate din municipiul Oradea și comunele învecinate, fiind racordată la cele doua colectoare principale: ovoid 70/105 cm și clopot de 165/260 cm. Apele uzate din zonele joase ale municipiului sunt canalizate în cele 10 stații de pompare, de unde sunt pompate în colectoarele gravitaționale. Amonte de stația de epurare există un bazin de compensare a debitelor în perioada de ploi torențiale, debite ce revin în colectorul principal și sunt preluate în stația de epurare. Pentru compensarea lipsei de capacitate ($Q > 2200$ l/s) și prevenirea poluărilor accidentale, aval de stația de epurare există iazuri biologice ~ 50 ha, de unde apele se evacuează în râul Crișul Repede în mod controlat și cu aprobarea autorităților competente.

Stația de epurare este de tip mecano-biologic, preia și epurează apa uzată menajeră și industrială din municipiul Oradea și din unele zone limitrofe, efluentul stației fiind deversat în emisarul Crișul Repede, la 10 km amonte de punctul de trecere a frontierei cu Ungaria.

Sistemul de bare de alimentare cu energie electrică trebuie să fie alimentat din doua puncte diferite – linii electrice de medie tensiune independente (alimentate cu energie electrică din surse diferite) din care una să se afle în rezervă caldă. Stația de epurare Oradea este alimentată cu energie electrică de patru linii electrice independente.

Stația de epurare Oradea este conectată cu sistemul energetic național prin patru linii de 20kV cu o putere maximă alocată de 3,2 MW. În cazul lipsei de tensiune stația de epurare Oradea poate utiliza cele două grupuri de cogenerare de 2x360KW.

Sunt două stații de transformare și stații de conexiuni care sunt proiectate să furnizeze energie electrică tuturor echipamentelor din stația de epurare. Schema de distribuție a energiei electrice în stație este prezentată în figura 1 și două puncte separate de alimentare.

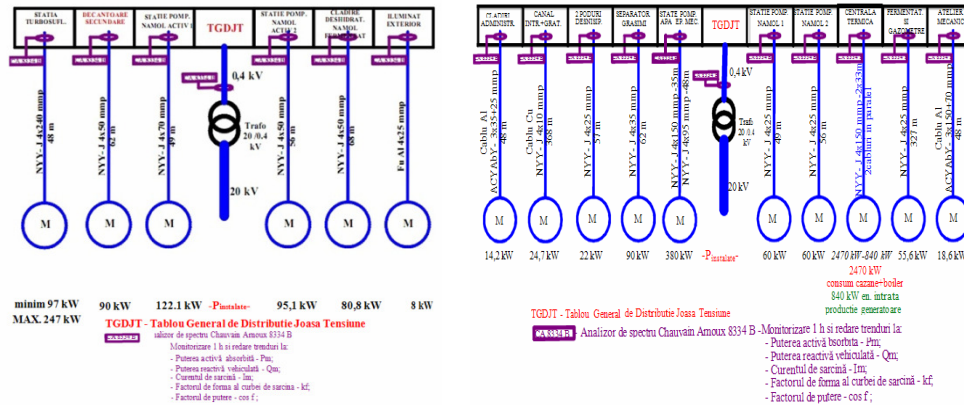


Fig. 1 Schema electrică monofilară PT1 și PT2

3. Prezentarea bazei de date

Pentru reprezentarea grafică a consumului de energie electrică de-a lungul unui an s-a realizat gruparea valorilor puterii medii orare de-a lungul unei săptămâni pentru un an. Această bază de date, cu 8761 de valori ale puterilor medii orare, s-a constituit prin înregistrarea consumului de EE pe perioada [joi 01.01.2009 ÷ joi 31.01.2010]. Această reprezentare permite vizualizarea facilă a fluctuațiilor consumului și atribuirea acestor fluctuații influenței unor factori externi.

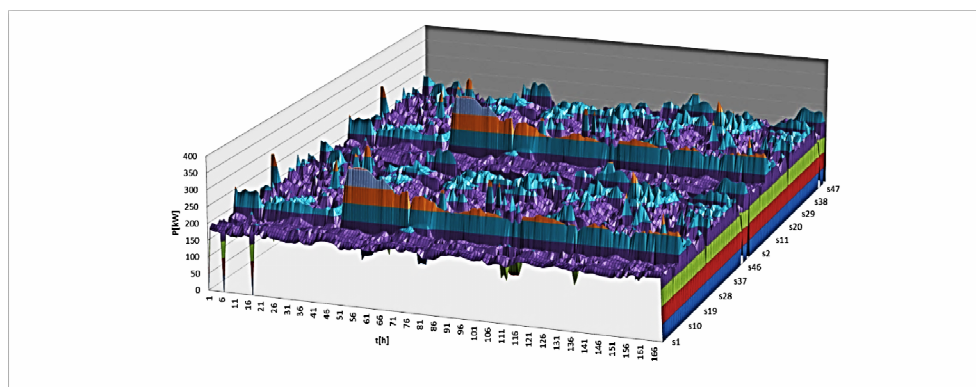


Fig.2 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unui an

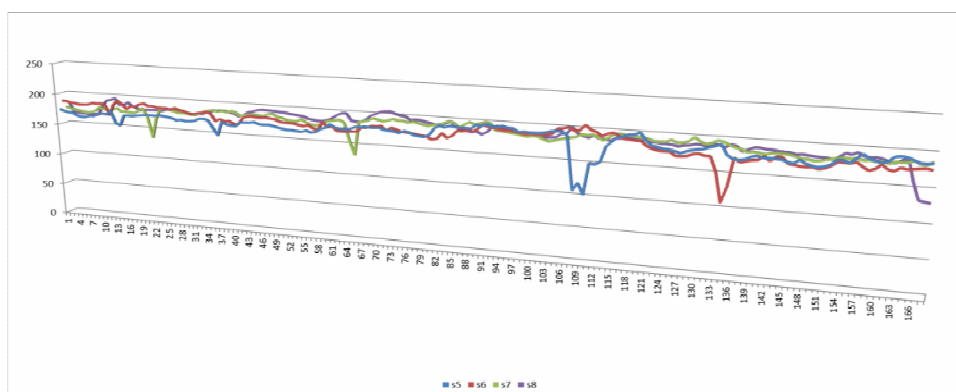


Fig.3 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de iarnă

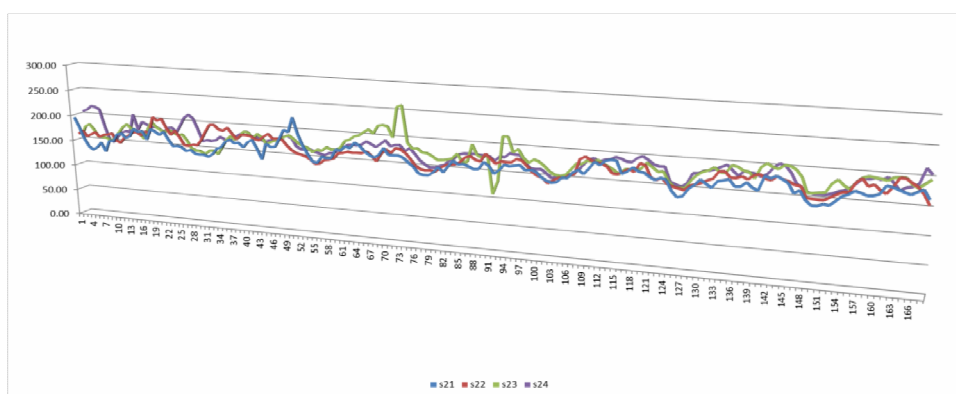


Fig.4 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de vară

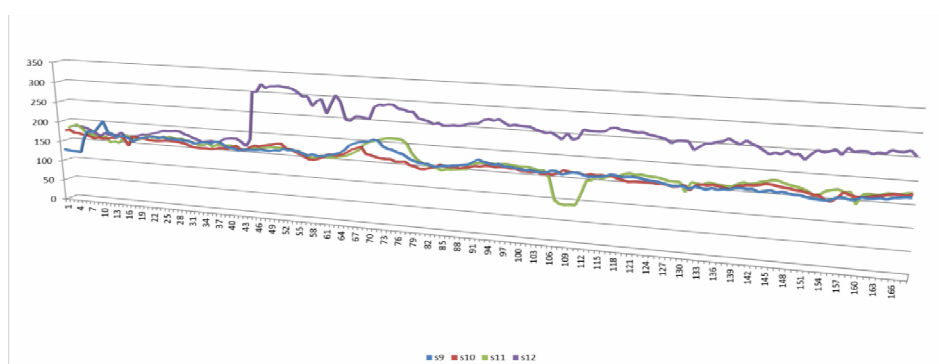


Fig.5 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de primăvară

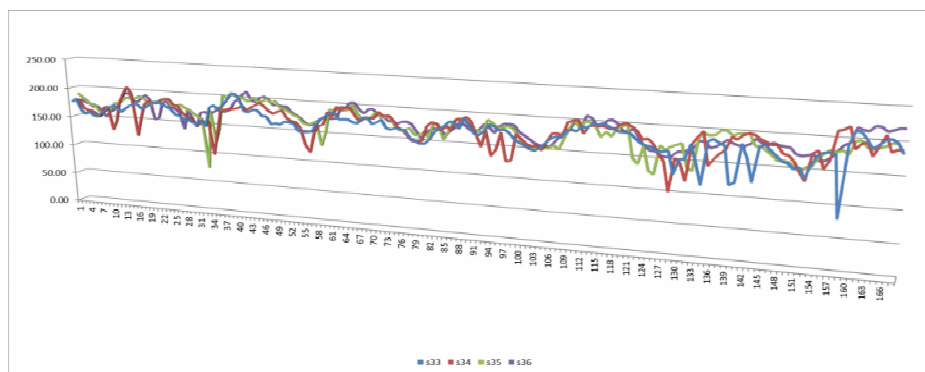


Fig.6 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de toamnă

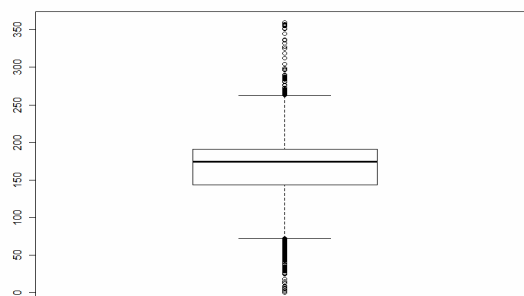


Fig.7 Diagrama „box & whiskers” a valorilor puterilor medii orare

Tabelul 1

Descriere statistică a bazei de date, puteri medii orare

Funcție	Valoare [kW]
Minimul(min)	0
Maximul(max)	359.4214
Mediana(median)	174.3477
Media aritmetică(mean)	165.9304
Cuartilele * (quartile)	$q_1 = 143.7185$
	$q_3 = 191.3983$
Dispersia(var)	1516.394
Abaterea standard(sd)	38.94091

* fracțiuni granulometrice corespunzătoare, pe o curbă cumulativă, valorilor procentuale de 25%=Q1; 50%=Q2; 75%=Q3; sunt utilizate în calculul parametrilor distribuției dimensiunilor clastelor (Trask, 1932)

4. Modelul matematic utilizat

Pentru a putea ierarhiza factorii de influență ai consumului de energie electrică, vom utiliza corelația standard pentru a determina coeficientul de corelație dintre valorile bazei de date conținând puterile medii orare și valorile numerice ale factorilor de influență. Modelul matematic utilizat pentru corelație este dat de ecuația (1):

$$r = \text{Correl}(x, y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

unde: $\bar{x}$ și $\bar{y}$ sunt valorile medii ale celor doua seturi de date de corelat.

5. Ierarhizarea factorilor de influență

Vom analiza factorii de influență specifici acestor procese, asupra cărora avem date numerice, sau valori anumerice, care pot fi suprapuse pe întregul set de 8761 de valori, cum ar fi factorii temporari, factorii meteorologici, factorii economici și factorii sociali.

Datorită invariației factorilor economici, tarifele la energie electrică și tarifele la metrul cub de apă rămânând neschimbate pe perioada de analiză, vom exclude acest factor de influență din analiza prin corelație.

Tabelul 2

Corelația dintre curbele zilnice de sarcină, din aceeași săptămână
și din săptămâna anterioară

	luni	marți	miercuri	joi	vineri	sâmbătă	duminică
Luni	1	0.7393	0.5482	0.5047	0.6675	0.0928	-0.6171
Marți	0.7393	1	0.7636	0.1494	0.7516	0.3565	-0.5175
Miercuri	0.5482	0.7636	1	0.0832	0.6008	0.1902	-0.4404
Joi	0.5047	0.1494	0.0832	1	0.526	-0.0512	-0.161
Vineri	0.6675	0.7569	0.6008	0.526	1	0.4337	-0.2275
Sâmbătă	0.0928	0.3565	0.1902	-0.0512	0.4337	1	-0.0291
Duminică	-0.6171	-0.5175	-0.4404	-0.161	-0.2275	-0.0291	1
Luni-1	0.6956	0.6658	0.445	0.3427	0.6725	0.578	-0.4871
Marți-1	0.5168	0.4259	0.3802	0.2611	0.5139	0.6062	-0.5148
Miercuri-1	0.7541	0.5769	0.5556	0.6229	0.6831	0.2728	-0.5269
Joi-1	0.8965	0.6944	0.5614	0.5605	0.6609	0.1407	-0.6514
Vineri-1	0.8603	0.7765	0.5383	0.5084	0.7495	0.1133	-0.5859
Sâmbătă-1	0.8984	0.7838	0.464	0.2739	0.6382	0.3322	-0.6495
Duminică-1	0.8188	0.7375	0.4492	0.2145	0.6601	0.4643	-0.6003

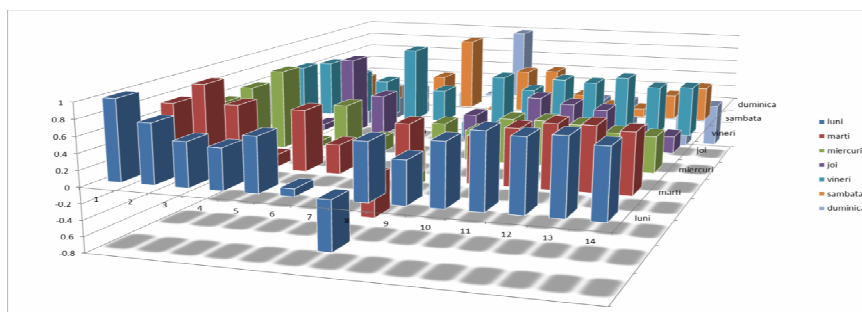


Fig. 8 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, din aceeași săptămână și din săptămâna anterioară

Tabelul 3

Corelația dintre consum și factorii de influență meteorologici, presiune atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de iarnă (secetă), primăvară (precipitații) și vară (alternanță precipitații secetă)

	Pres.	Temp.	Precip.	Pres.	Temp.	Precip.	Pres.	Temp.	Precip.
Luni	0.084	0.123	-0.188	0.185	0.094	-0.231	-0.519	-0.113	0.030
Marți	0.347	-0.397	0.388	-0.68	-0.783	0.702	0.206	0.136	-0.107
Miercuri	-0.394	0.027	-0.011	0.266	-0.461	0.392	-0.777	-0.349	0.345
Joi	0.303	-0.569	0.163	0.012	0.279	-0.447	-0.727	-0.665	0.53
Vineri	0.738	-0.716	0.499	-0.53	-0.171	0.059	0.086	-0.248	0.26
Sâmbătă	-0.131	-0.309	-0.47	0.026	-0.002	-0.187	-0.477	0.501	-0.546
Duminică	0.149	-0.046	0.133	-0.638	-0.621	0.378	-0.294	0.154	-0.348

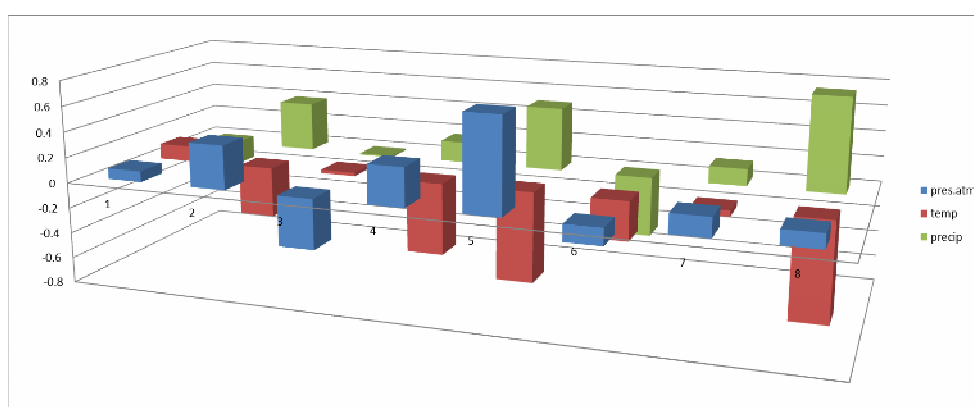


Fig. 9 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, și presiunea atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de iarnă (secetă)

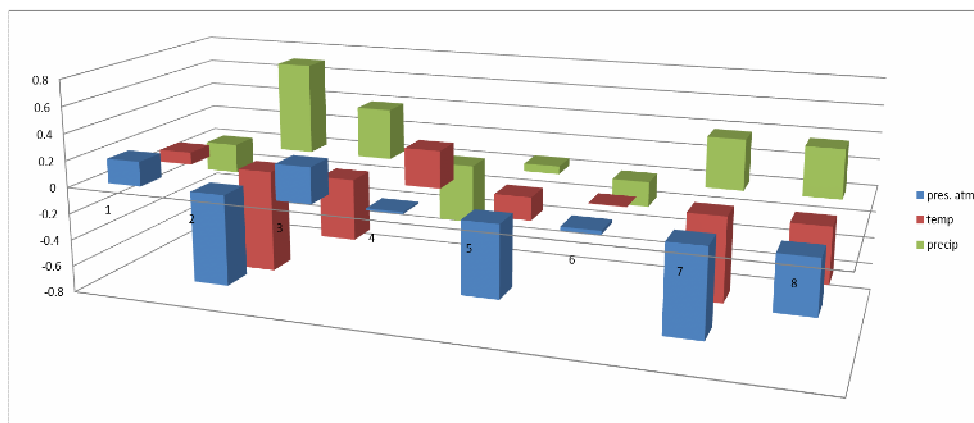


Fig. 10 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, și presiunea atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de primăvară (precipitații abundente)

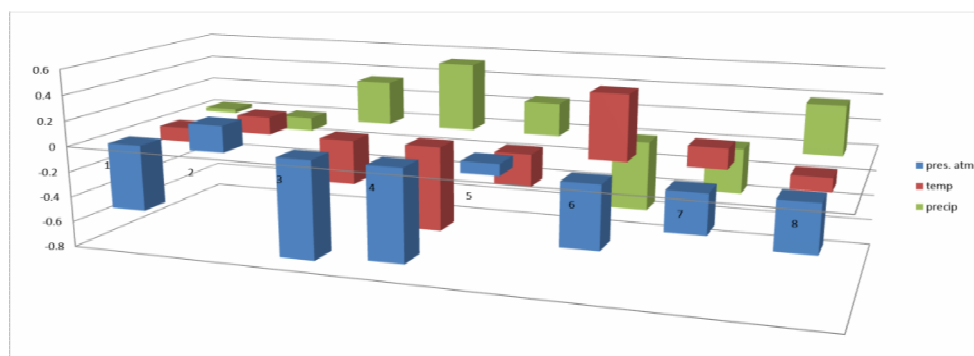


Fig. 11 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, și presiunea atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de vară (alternare precipitații - secetă)

6. Concluzii

În urma analizei baze de date putem concluziona următoarele:

Reprezentarea tridimensională din fig. 2 indică un consum fluctuant de energie electrică, specific acestui tip de consumator.

Se poate observa în figura 3 un nivel al fluctuațiilor consumului de energie electrică foarte scăzut, datorat în principal temperaturii foarte scăzute și a perioadei secetoase analizate.

În figura 4 se observa fluctuațiile mari datorate alternanțelor perioadelor călduroase și secetoase cu perioadele cu precipitații abundente într-un interval de timp restrâns, precum și lipsa utilizării biogazului pentru conversia în agent termic.

Figura 5 prezintă creșterea consumului de energie electrică, care se suprapune peste o săptămână ploioasă cu creșteri accentuate ale temperaturii, care au cauzat topirea zăpezilor, respectiv a debitului de ape uzate de epurat.

Identificarea coeficientului de corelație scoate în evidență și ierarhizează factorii de influență, astfel:

1. *Factorul meteorologic – cantitatea de precipitații*, cu un decalaj variabil de $4 \text{ h} \div 26 \text{ h}$, creșterea consumului de energie electrică este influențată direct și în proporția cea mai mare de acest factor de influență, conform tabel 3 și a graficelor prezentate în fig. 9, fig. 10 și fig. 11.

2. *Factorul temporal – trendul zilnic sau săptămânal al consumului*, este al doilea factor de influență al consumului, conform tabelului 2 și a fig. 8.

3. *Factorul meteorologic – temperatura*, cu un decalaj mult mai mic decât cel al precipitațiilor $1 \text{ h} \div 12 \text{ h}$, influențează consumul de energie electrică, conform tabel 3 și a graficelor prezentate în fig. 9, fig. 10 și fig. 11.

4. *Factori sociali*, vizibili în creșterea debitului de ape uzate intrate în stație, respectiv a consumului de energie electrică, în imediata proximitate a sărbătorilor religioase (paște, crăciun, etc.) și laice (an nou, zile naționale etc.). De asemenea perioada de vara, se suprapune peste un gol al consumului datorat concediilor (estivale), respectiv a scăderii activității industriale.

5. *Factorii economic*, au fost excluși din această analiză, din doua cauze. În primul rând nu s-au înregistrat modificări în tarifele percepute pe m³ de apă, și pe kWh, în perioada de analiză, în al doilea rând acest factor de influență are o impresionabilitate asupra consumului de energie electrică pe o perioadă îndelungată, iar această analiză se referă la factorii ca influențează consumul pe termen scurt sau mediu.

Realizarea unei aplicații pentru prognoza consumului de energie electrică trebuie, deci, să țină cont de primii doi factori de influență prezentați anterior: factorul meteorologic, cantitatea de precipitații, respectiv factorul temporal, trendul zilnic, săptămânal, lunar.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. M.L. Willis, A.E. Schauer, J.E.D. Northcote, T.D. Vismor – “Forecasting distribution system loads using curve shape clustering”, IEEE Trans. Power Apparatus Syst. 102 (4) (1983) 893–901.
- [2]. Dan Jigoria-Oprea, Bucur Luștea, ș.a. – „Human machine interface for daily load short term forecasting using recursive artificial neural network”, Proceedings of the 9th WSEAS, Genoa, Italy, 2009
- [3]. Virgil Dumbravă, et all. – „Case study regarding the load profile utilisation for the Romanian electric energy market”, Energetica Magazine, 56, nr. 4/2008
- [4]. *** ANRE – „73 decree from 6 august 2009, regarding the approval of the electric energy forecast procedure”, M. Of. 591-2009
- [5]. *** ANRE – „Electric energy forecast procedure from 6 august 2009”, M. Of. 591-2009
- [6]. Y. Goude. – “Tracking the best predictor with a detection based algorithm”. In Proceedings of the Joint Statistical Meetings (JSP), 2008b.
- [7]. GLIGOR E., BLAGA A.C. – “Techniques for removing Nitrogen and Phosphorus through chemical addition”, Analele Universității din Oradea, Fascicula de Energetică, vol. XV, 2009, pg. 232-239 – iunie 2009.
- [8]. IONESCU G.C, GLIGOR E., IONESCU G.L, BLAGA C.A., DAN F. – „Observation regarding the chemical precipitation at Oradea wastewater treatment system”, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, vol. XIII, 2010, pg. 349-359 – iulie – 2010.
- [9]. GLIGOR, E. *Contribuții la optimizarea energetică a instalațiilor și echipamentelor din cadrul stațiilor de epurare a apelor uzate*, Teza de doctorat, Septembrie 2011, Oradea, România
- [10]. Stefan Theußl, Achim Zeileis, - „Collaborative Software Development Using R-Forge” The R Journal, Invited paper on “The Future of R”, Volume 1, May2009, p.9–14
- [11]. Paul Murrell, - „Drawing Diagrams with R” The R Journal, Invited paper on “The Future of R”, Volume 1/1, May 2009, p. 14 – 21
- [12]. Constanta Bodea – “Artificial Intelligence Lecture” (ASE Bucuresti) www.ia.ase.ro/IA/Curs/Curs%20nr-10.pdf view at 01/03/2011
- [13]. Kilyeni Șt., et all. - ”Daily load forecasting using recursive Artificial Neural Network vs. classic forecasting approaches” Proceedings of the 5th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 2009 Timișoara, România, p.487 - 490
- [14]. Shanti Swarup, K., Satish, B. – “Integrated ANN approach to forecast load”, IEE Computer Applications in Power, april, 2002, p.46 – 51.
- [15]. GLIGOR E., IONESCU Gh.C., DAN F., IONESCU G.L., SÂMBETEANU Aurora – „Mud treatment processer and biogas production at Oradea wastewater treatment plant”, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, vol. XIII, 2010, pg. 295-305 – iulie 2010.
- [16]. Gavrilaș M. „Artificial intelligence and her appliance in energetics”, Vol. I, Gh. Asachi Publishing House, Iași, 2002

Determinarea procentului de articulație (gradului de inteligibilitate) în sala teatrului “EXCELSIOR”

Determination of the rate of articulation and degree of intelligibility in “EXCELSIOR” theater hall

Mariana Cristina Stan¹, Ioana Mihaela Alexe²,
Alexandru Radu Stan³

¹ Universitatea Spiru Haret București
Facultatea de Arhitectură
Str. Ion Ghica, Nr. 13, Romania
e-mail: sonobel_ms3@yahoo.co.uk

² INCĐ “URBAN-INCERC”
Șos. Pantelimon, Nr. 266, București, Romania
e-mail: ioanamihaelaalexe@yahoo.com

³ S.C. SONOBEL SRL
Str. Pantelimon, Nr. 243, București, Romania
e-mail: sonobel_ms3@yahoo.co.uk

Rezumat: *Lucrarea prezintă determinarea procentului de articulație (gradului de inteligibilitate) în sala teatrului „Excelsior” din București și compara rezultatele obținute cu valorile precizate în standardul STAS 9783 / 0 – 84 “Acustica în construcții. Parametri pentru proiectarea și verificarea acustică a sălilor de audiție publică. Clasificare și limite admisibile “*

Cuvinte cheie: acustică, procent de articulație, grad de inteligibilitate

Abstract: *This article presents the determination of the rate of articulation and of the degree of intelligibility in „Excelsior” Theatre Hall in Bucharest and compares the obtained results with the values given by the standard STAS 9783/0-84 „Building acoustics. Parameters for designing and acoustical cheking of auditoria. Clasification and permissible limits”*

Key-words: acoustics, rate of articulation, degree of intelligibility

1. Introducere

Procentul de articulație (gradul de inteligibilitate) este parametrul acustic al unei săli de audiție publică, ce definește gradul de înțelegere a sunetelor rostite pe scenă.

Măsurarea procentului de articulație în Sala Teatrului Excelsior s-a efectuat în vederea comparării valorilor obținute, cu limitele admisibile precizate în standardul STAS 9783 / 0 – 84 “Acustica în construcții. Parametri pentru proiectarea și verificarea acustică a sălilor de audiție publică. Clasificare și limite admisibile “.

2. Principiul metodei

Principiul metodei **subjective** – ce a fost utilizată în acest caz – constă în aprecierea corectitudinii de recepție de către auditoriul existent în sală, a listei de logatomi (cuvinte artificiale monosilabice, fără semnificație) din standardul STAS 9783/1 – 94 “Acustica în construcții. Procentul de articulație (grad de inteligibilitate) în sălile de audiție publică. Metoda de determinare”.

Logatomii se citesc în grupe de câte trei, fiind anunțați înainte, prin scurte propoziții de avertizare, cu o pauză de 3 secunde între:

- propoziția care anunță o grupă de logatomi și primul logatom;
- rostirea logatomilor aceleiași grupe;
- ultimul logatom al unei grupe și propoziția de anunțare a grupei următoare.

Citirea listei de logatomi se face de către doi dictori (soprana și bariton) actori profesioniști, cu dicție bună. La solicitarea noastră, Teatrul Excelsior a propus actorii: **Annemary Ziegler și Robert Radoveneanu**.

Listele au fost citite din centrul scenei, astfel:

LISTA NR. 1:

1 (F) : Annemary Ziegler

1 (B) : Robert Radoveneanu

LISTA NR. 2 (aceleași grupe de logatomi, într-o ordine diferită; aceeași subiecți, dar așezat fiecare dintre ei pe un alt loc decât la prima citire)

2 (F) : Annemary Ziegler

2 (B) : Robert Radoveneanu

Un exemplu de listă de logatomi este prezentat în tabelul 1.

Pentru măsurări au fost aleși 19 tineri, otologic normali, cu audiție binaurală bună, deprinși să asculte și să noteze un text care se citește (studenți în anul V la Facultatea de Arhitectură – Universitatea SPIRU HARET). Subiecții au fost așezați în 19 puncte, ce acoperă întreaga suprafață a sălii (fig. 1).

Înainte de începerea măsurărilor, în sală s-a făcut un instructaj asupra modului de desfășurare a acestora, precum și a modului de completare a formularelor.

Valoarea procentului de articulație (PA) se calculează, în funcție de procentul de consoane “c” și cel de vocale “v” corect notate , cu ajutorul abacei din fig. 2.

Pe baza valorilor PA din fiecare loc, se determină:

- PA mediu pentru zonele din sală (parter și balcon) și
- PA mediu pentru întreaga sală.

Rezultatele măsurărilor efectuate sunt prezentate în tabelul 2.

TEATRUL EXCELSIOR DIAGRAMA SĂLI

SCENĂ

PARTER

Rând A	12	*11	10	9	8	*7	6	5	4	3	*2	1		
Rând B	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Rând C	14	13	12	11	10	*9	8	7	6	5	4	3	2	*1
Rând D	13	*12	11	10	9	8	7	6	5	*4	3	2	1	
Rând E	14	13	12	11	10	9	8	7	*6	5	4	3	2	1
Rând F	13	12	*11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Rând G	*14	13	12	11	10	9	*8	7	6	*5	4	3	*2	1
Rând H	13	12	11	*10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Rând I	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Rând J	13	*12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	*2	1	

Total parter 133 locuri

BALCON

Rând K	11	10	9	8	7	6	5	4	3	*2	1		
Rând L	11	10	9	8	*7	6	5	4	3	2	1		
Rând M	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Rând N	13	*12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Total balcon 47 locuri

LOJĂ 6 locuri

TOTAL SALĂ 186 locuri

Legendă:

Citirea I

Citirea II

Fig. 1 Amplasarea punctelor pentru determinarea procentului de articulație (PA)

Tabelul 1

LISTĂ LOGATOMI 1 – METODA SUBIECTIVĂ

Nr. crt.	Poziția de anunțare a unei grupe de trei logatomi	Grupa de logatomi ce se anunță odată		
		LEF	RAD	DOZ
1	Dictez prima grupă	CEAM	TUD	GOAC
2	Vă rog să scrieți	NIN	REȚ	LAV
3	Notați următorii logatomi	CIR	TAT	NET
4	Scrieți grupa a patra	TOS	RIEM	CEIB
5	Grupa aceasta cuprinde	ȚIC	LIS	STAC
6	Continuăm cu	FIAS	MEP	NUS
7	Următoarele sunete sunt	GIR	TAIN	DÎS
8	Scrieți din nou	CAD	VET	PRUC
9	Vă rog să notați	MIM	SEL	LOAS
10	Numărul 10 este	SAN	CUN	LEP
11	Scrieți următoarele silabe	TRÂN	NOT	SIR
12	Citez alți logatomi	RAT	VÎN	RUM
13	Notați acum	NER	DON	LES
14	Următoarea grupă este	TRUL	PAD	TÎP
15	Grupa 15 cuprinde	NED	RAB	ZEC
16	Notați logatomii	RIP	HET	LOP
17	Dictez din nou	CIAR	PÎS	NET
18	Scrieți ceea ce rostesc	TAR	CUZ	TIN
19	Următorii logatomi sunt	RER	BUR	NAV
20	Continuăm cu	RIET	NÎN	ȘOT
21	Urmează grupa	BED	DAIP	NIS
22	Scrieți următoarele sunete	SAD	MEL	CAV
23	Notați ceea ce auziți	GIM	STUT	SON
24	Recepționați silabele	CEAN	DAȘ	NEP
25	Numărul 25 este	PRÎR	CEL	NUM
26	Dictez alți logatomi	LAR	DEF	SIN
27	Transmit acum	TRAL	REC	MOAL
28	Grupa aceasta cuprinde	LON	TRUV	ȚAM
29	Vă rog să notați	MID	SEIC	NUT
30	Grupa 30 cuprinde	DEF	TAS	DÎC
31	Urmează alți logatomi	LOAR	SEC	TAG
32	Dictez încă trei silabe	DIC	TER	PED/ZIM
33	Ultima grupă este			

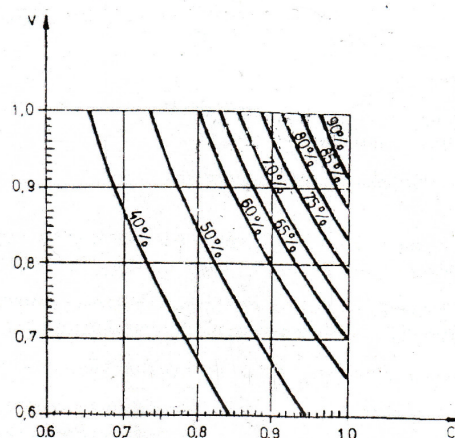


Fig. 2 Abaca pentru determinarea procentului de articulație PA

3. Rezultatele măsurărilor

Tabelul 2

PA în Sala Teatrului EXCELSIOR, mai 2011

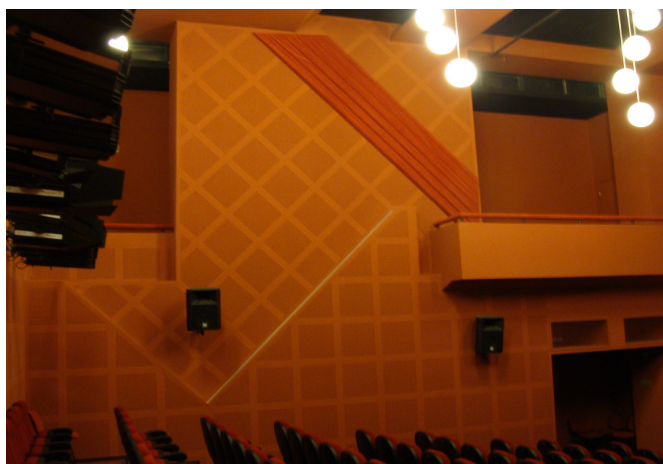
CITIREA I		
PARTER		
Loc	I F	I B
A 2	-	95
A 7	91	99
A 12	95	99
C 9	94	95
D 4	98	-
D 12	90	96
E 6	95	98
F 11	96	90
G 2	95	97
G 5	95	97
G 8	96	98
G 14	85	83
H 10	93	95
J 2	87	95
J 7	95	95
J 12	95	95
Media	93,33	95,13
Media (pe parter)	94,23	

BALCON		
Loc	I F	I B
K 3	84	91
L 7	95	95
M 12	84	85
Media	87,66	90,33
Media (pe balcon)	88,99	
Media pe sala : 91,61		

CITIREA II		
PARTER		
Loc	I F	I B
A 2	94	97
A 7	93	97
A 11	93	95
C 1	95	95
C 9	96	97
D 4	96	97
D 12	95	96
E 6	96	97
F 11	94	90
G 2	95	96
G 5	96	98
G 8	96	95
G 14	90	95
H 10	97	97
J 2	97	95
J 12	83	86
Media	94,12	95,19
Media (pe parter)		
BALCON		
Loc	I F	I B
K2	94	94
L 7	89	95
N 12	90	87
Media	91,00	92,00
Media (pe balcon)	91,50	
Media pe sala : 93,07		
Media generala pe sala (CITIREA I și CITIREA II) : 92,34		

În imaginile următoare sunt prezentate aspecte din sala teatrului Excelsior .





4. Concluzii

Conform prevederilor STAS 9783/0 – 84 “Acustica în construcții. Parametri pentru proiectarea și verificarea acustică a sălilor de audiție publică. Clasificare și limite admisibile “, procentul mediu recomandat în sălile de teatru este de cel puțin **85%**. Din analiza valorilor din tabelul de mai sus (tabelul 2) se constată că **ACEASTĂ CERINȚĂ ESTE ÎNDEPLINITĂ.**

Bibliografie

[1] STAS 9783/0-84 “Acustica în construcții. Parametri pentru proiectarea și verificarea acustică a sălilor de audiție publică. Clasificare și limite admisibile “

Performanțele betoanelor preparate cu cimenturi cu adaosuri

Performance of concrete prepared with cements with additives

Dan Paul Georgescu¹, Adelina Apostu¹,
Radu Gavrilesco², Tudor Seba³

¹Universitatea Tehnică de Construcții București,
B-dul Lacul Tei nr.124, Sector 2, București, România
e-mail: dgeorgescu@utcb.ro

²Carpatcement Holding S.A.,
Sos. București-Ploiești nr.1^a, București, România
e-mail: carpatcement@carpatcement.ro

³A.A.S. Construct S.R.L., Alexandria, România
www.aasconstruct.ro

Rezumat: *Articolul prezintă rezultatele unor cercetări experimentale privind caracteristicile de rezistență și durabilitate (absorbție, porozitate, permeabilitate, rezistența la îngheț-dezghet, carbonatare) a betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi. Extinderea domeniilor de utilizare a cimenturilor având mai mult de 21% adaosuri a devenit o necesitate în toată lumea deoarece aduce avantaje importante prin reducerea emisiei de CO₂ și a consumului de energie, în industria cimentului. În trecut, în România au fost utilizate, în puține cazuri, aceste tipuri de cimenturi și, în general, numai pentru betoane de rezistență scăzută. Astfel, utilizarea cimenturilor cu adaosuri în betoane având rapoarte A/C ridicate conduce la o comportare necorespunzătoare în timp și nu poate oferi o imagine reală a potențialului acestor tipuri de cimenturi. Cercetările efectuate prezintă valorile experimentale ale parametrilor care caracterizează rezistența și durabilitatea betoanelor preparate cu anumite cimenturi cu adaosuri.*

Cuvinte cheie: ciment, adaos, betoane

Abstract: *The paper presents results of experimental research on the characteristics of strength and durability (absorption, porosity, permeability, resistance to freeze-thaw, carbonation) of concrete prepared with different types of cements. Expanding the field of use of cements with more than 21% additives has become a necessity because everyone brings important benefits in reducing CO₂ emissions and energy consumption in cement industry. Back in Romania were used, in many cases, these types of cements and, in general, only low strength concrete. Thus, use of cement with additives in concrete reports with A / C high lead to inappropriate behavior in time and can not provide a true potential of these types of cements. Research conducted shows the experimental parameters that characterize strength and durability concrete prepared with some cements with additives.*

Keywords: cement, addition, concrete

1. INTRODUCERE

Utilizarea cimenturilor cu adaosuri a reprezentat subiectul unor importante cercetări realizate în cadrul programului european ECOSERVE (1).

Investigarea unor parametrii relevanți pentru durabilitatea betonului preparat cu cimenturi de tip CEM II/B-M (S-LL) 32,5R, având până la 35% zgură de furnal și calcar a constituit obiectul unor cercetări efectuate în Germania (2).

România, spre deosebire de alte țări europene, a utilizat numai în rare cazuri cimenturi cu mai mult de 21% adaosuri și, în general, pentru prepararea unor betoane de rezistență scăzută.

Din acest motiv cercetările efectuate caută să stabilească influența adaosurilor din ciment (zgură și calcar) în cazul cimenturilor CEM II/B-M (S-LL) 32,5R asupra proprietăților (rezistență și durabilitate) ale betonului. De asemenea, s-a efectuat o comparație cu betonul preparat cu cimentul CEM II/A-S 32,5R, ciment cu zgură utilizat pe scară largă în România.

2. MATERIALE ȘI CONDIȚII EXPERIMENTALE

Prepararea betoanelor s-a efectuat în conformitate cu SR EN 206-1(3) și SR 13510(4); cercetările experimentale au fost efectuate în vederea stabilirii unor caracteristici ale betonului proaspăt și întărit preparat cu cimentul CEM II/B-M (S-LL) 32,5R.

2.1. Cimenturi

În cadrul cercetărilor au fost utilizate patru tipuri de cimenturi produse de Carpatciment Holding S.A., în conformitate cu SR EN 197-1 (5).

- CEM II/B-M(S-LL) 32,5R – având 17% zgură și 8,4% calcar denumit CEM 1;
- CEM II/B-M(S-LL) 32,5R – având 20% zgură și 10,4% calcar denumit CEM 2;
- CEM II/B-M(S-LL) 32,5R – având 21% zgură și 13,8% calcar denumit CEM 3;
- CEM II/A-S 32,5 R – având 17% zgură și 3,2% calcar denumit CEM 4.

2.2. Betoane

Obiectivul cercetărilor a fost evaluarea performanțelor betonului preparat cu CEM II /B-M (S-LL) 32,5R conținând adaosuri între 25% și 35% în clasele de expunere XC și XF1. Betonul “etalon” a fost preparat cu ciment CEM II/A-S 32,5 R.

Cerințele privind clasele minime de rezistență și rapoartele maxime A/C, în funcție de clasele de expunere, sunt prezentate în tabelul 1 în conformitate cu SR 13510.

Tabelul 1

Cerințele pentru betoanele preparate cu CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R în funcție de potențialele aplicații

Condițiile de expunere ale elementelor	Clasele de expunere	Descrierea mediului	Clasa minimă de rezistență	Raport maxim A/C
Interiorul locuințelor	XC1	Uscat	C16/20	0,65
	XC2	Rar uscat	C16/20	0,60
	XC3	Umiditate moderată	C20/25	0,60
	XC4	Alternanță umiditate uscare	C25/30	0,50
Exteriorul locuințelor	XC	Alternanță umiditate-uscure	C25/30	0,50
	XF1	Suprafețe moderat saturate cu apa fără agenți de dezghețare	C25/30	0,50

Betoanele au fost preparate cu agregate naturale de râu (0-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm, 16-32 mm) zona 3 de granulozitate, utilizând aditivi mari reducători de apă.

S-au utilizat diferite dozaje de ciment în scopul obținerii unei rezistențe ale betonelor corespunzătoare claselor de rezistență C16/20, C25/30 și C35/45 (Tabelul 2).

Tabelul 2

Caracteristicile amestecurilor de beton proaspăt preparate cu cimenturi cu adaosuri

Dozaj ciment (Kg/m ³)	CEM 4		CEM 1		CEM 2		CEM 3	
	A/C	Tasare	A/C	Tasare	A/C	Tasare	A/C	Tasare
280	0,59	105	0,57	105	0,60	105	0,55	105
320	0,53	110	0,47	110	0,50	100	0,53	105
340	0,50	105	0,42	120	-	-	-	-
370	0,48	120	0,40	115	0,42	120	0,43	115
400	0,45	120	0,36	100	0,40	100	0,40	100
470	0,40	105	0,33	120	0,34	115	0,34	115

2.3. Caracteristici determinate. Metode și condiții de testare

Determinările experimentale au fost efectuate în conformitate cu standardele naționale în vigoare și/sau utilizând metode de testare în conformitate cu experiența națională și internațională.

Determinările experimentale au fost efectuate în conformitate cu următoarele standarde:

- Beton proaspăt: tasarea în conformitate cu SR EN 12350-2 (6);
- Rezistența betonului: rezistența la compresiune în conformitate cu SR EN 12390-3 (7) determinată la 2 și 28 zile, probele fiind menținute în apă la temperatură de 20°C;
- Durabilitatea betonului:

○ Absorbția de apă la 28 de zile, în conformitate cu STAS 2414 (8) a fost determinată menținând probele în laborator până la data testării și, de asemenea, pe probe uscate până la masă constantă;

○ Permeabilitatea la apă, în conformitate cu SR EN 12390-8 (9);

○ Adâncimea de carbonatare în conformitate cu SR EN 14630 (10) în mediu natural (probele au fost menținute 7 zile în apă și apoi în mediu “de laborator” la o temperatură de 20°C și 65% umiditate a aerului până la data încercării) și în condiții accelerate (probele au fost menținute 7 zile în apă în condiții de laborator până la 28 de zile și apoi 72 de ore într-o concentrație ridicată de CO₂ la o presiune de 0,2MPa);

○ Rezistența la îngheț-dezgheț pentru clasa C25/30 (la 50 de cicluri) în conformitate cu SR 3518 (11).

Rezistența la îngheț-dezgheț a fost evaluată prin reducerea rezistenței la compresiune a unor probe saturate în apă, după 50 de cicluri, menținute 4 ore la -17°C și imersate 4 ore în apă la 20 °C. Rezultatele au fost exprimate prin reducerea rezistenței la compresiune față de cea a unor probe martor menținute în apă la +20°C.

3. DESCRIEREA ȘI COMENTAREA REZULTATELOR

3.1. Rezistența la compresiune

Figurile 1 și 2 indică valorile rezistenței la compresiune la vârstele de 2 și respectiv 28 de zile în funcție de dozajul de ciment.

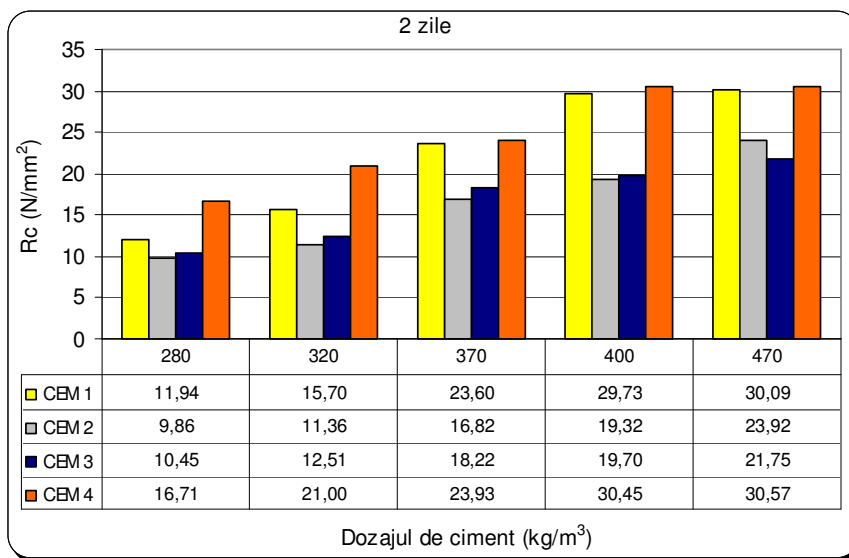


Fig.1. Relația între rezistența la compresiune la 2 zile și dozajul de ciment

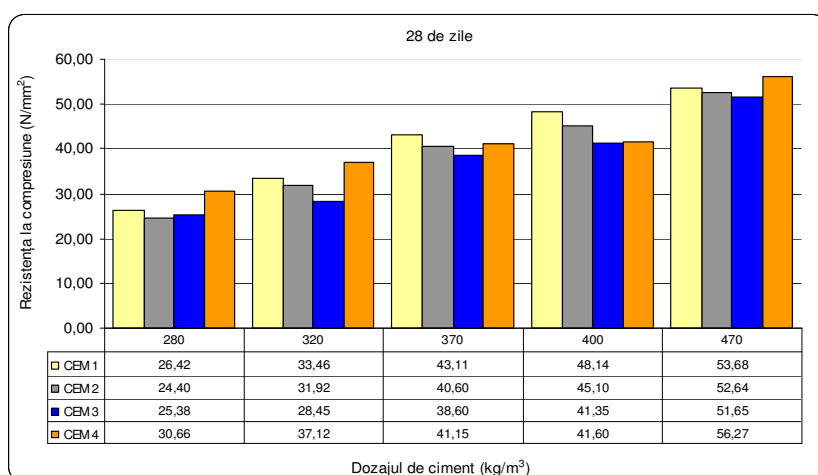


Fig. 2. Relația între rezistența la compresiune la 28 de zile și dozajul de ciment

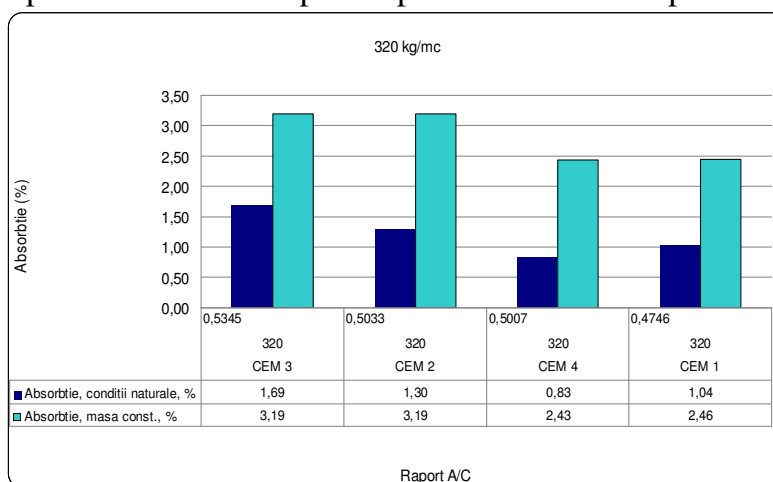
Se observă că la vârsta de 2 zile rezistențele betoanelor preparate cu CEM 4 și CEM 1 sunt mai mari decât cele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3. La 28 de zile, chiar dacă diferențele s-au mai redus, ordinea valorilor a rămas aceeași. Aceasta ar indica faptul că betoanele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3 ar necesita o perioadă mai lungă de tratare. S-au obținut valori mai ridicate ale rezistențelor pentru dozaje mari și rapoarte A/C scăzute. S-au obținut betoane de clasă C16/20 pentru un dozaj de 280 kg/m³ și respectiv de clasa C 35/45 pentru dozaj de 470 kg/m³, pentru toate tipurile de cimenturi.

În general, betoanele conținând adaosuri de zgură prezintă o creștere în timp a rezistențelor mult mai accentuată decât a betoanelor cu cimenturi fără adaosuri.

3.2. Durabilitatea

3.2.1. Absorbția și permeabilitatea la apă

Rezultatele pentru testul de absorbție sunt prezentate în figurile 3 și 4, iar în figurile 5 și 6 se prezintă rezultatele pentru permeabilitatea la apă.

Fig. 3. Relația dintre absorbția de apă la 28 de zile și tipul de ciment la un dozaj de 320 kg/m³

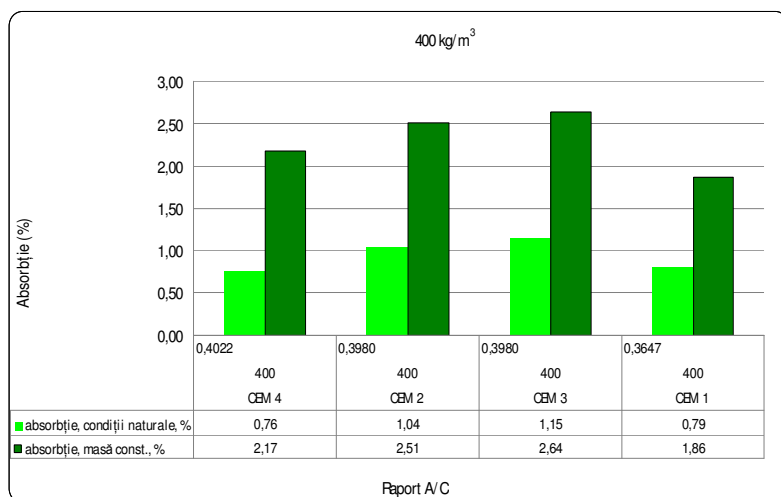


Fig. 4. Relația dintre absorbția de apă la 28 de zile și tipul de ciment la un dozaj de 400 kg/m^3

Metoda absorbției utilizând probe cu umiditate naturală poate conduce la o evacuare incompletă a apei, iar uscarea la temperaturi ridicate poate produce eliminarea apei combinate chimic (12).

În cadrul cercetărilor experimentale au fost utilizate ambele metode.

Valorile absorbțiilor depind de raportul A/C, dar și de tipul de ciment. Rezultatele obținute indică diferite valori ale absorbțiilor pentru diferitele tipuri de ciment (probe uscate). La 28 de zile betoanele preparate cu CEM 4 și CEM 1 prezintă cele mai scăzute valori, sub 2,5% (figura 3), iar absorbția scade cu raportul A/C. Pentru betoanele preparate cu CEM 2 și CEM 3 au fost obținute valori în jur de 2,5% pentru rapoarte A/C de aprox. 0,5 (figura 4).

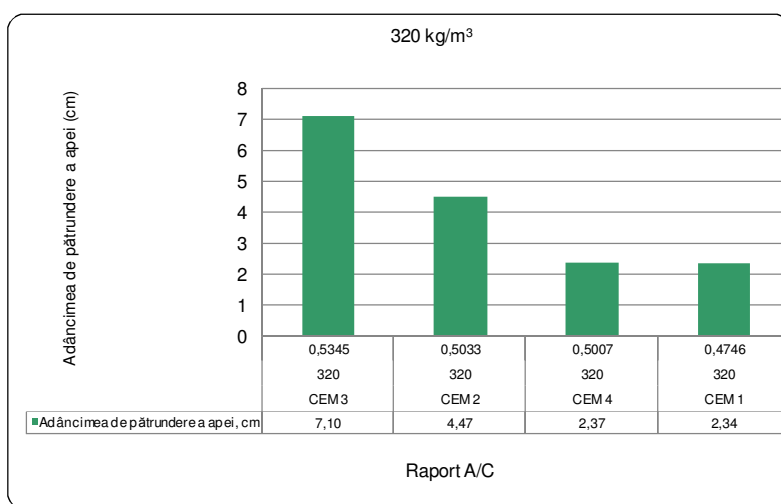


Fig. 5. Relația dintre permeabilitatea la apă a betonului și tipul de ciment, pentru un dozaj de 320 kg/m^3 , la vârsta de 28 de zile

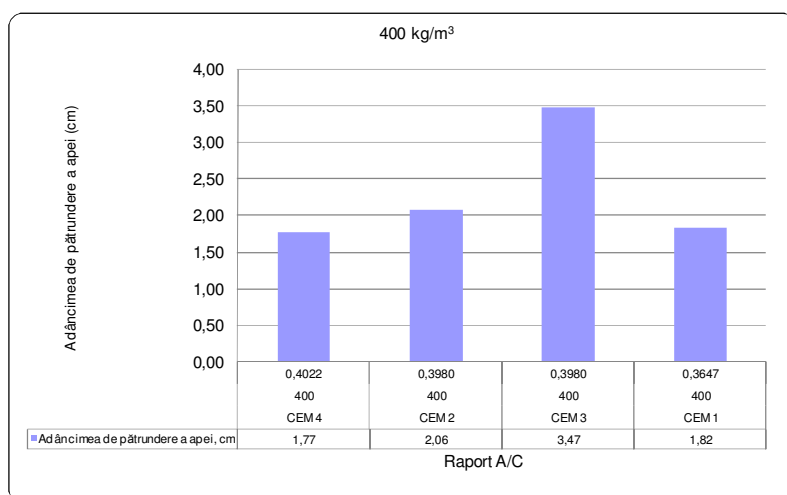


Fig. 6. Relația dintre permeabilitatea la apă a betonului și tipul de ciment, pentru un dozaj de 400 kg/m³, la vârsta de 28 de zile

Permeabilitatea la apă este foarte importantă pentru durabilitatea betoanelor indicând penetrarea și circulația fluidelor în beton. Rezultatele obținute pot fi utilizate ca și criterii de evaluare a calității betonului.

Standardul european SR EN 12390-8 indică o presiune P5, dar nu specifică criterii de evaluare.

Permeabilitatea betonului este influențată, în principal, de raportul A/C și de durata tratării. Rezultatele obținute indică faptul că betoanele preparate cu cimenturile CEM 4 și CEM 1 au valori ale adâncimii de pătrundere a apei mai reduse decât ale betoanelor preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3. Pentru valori reduse ale raportului A/C, diferența obținută pentru permeabilitatea celor patru tipuri de cimenturi se reduce.

3.2.2. Rezistența la îngheț-dezgheț

Principalul factor de influență a rezistenței la îngheț-dezgheț este porozitatea betonului care este depedentă de raportul A/C și de tipul de ciment. În România, cea mai utilizată metodă este aceea a determinării reducerii rezistenței la compresiune a betonului, după un anumit număr de cicluri. În CEN/TS 12390-9 (13) rezistența la îngheț-dezgheț se evaluează calculând cantitatea de material exfoliat, metoda indicând în primul rând degradările la suprafața betonului.

În opinia multor specialiști cea mai bună metodă este aceea a reducerii modulului de elasticitate dinamic care dă indicații asupra degradărilor interne la nivel structural.

Betoanele de clasa C25/30 au fost testate la îngheț-dezgheț în conformitate cu SR 3518. După 50 de cicluri, rezistența a scăzut cu mai puțin de 7% pentru betoanele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3 și cu mai puțin de 5% pentru betoanele preparate cu cimenturile CEM 4 și CEM 1 (figura 7).

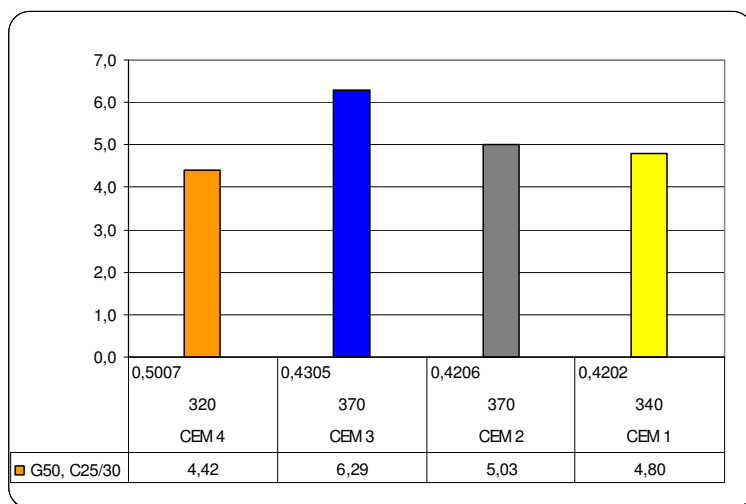


Fig. 7. Relația dintre reducerea rezistenței la compresiune a betonului datorată acțiunii de îngheț-dezgheț și tipul de ciment pentru betoanele de clasa C25/30.

3.2.3. Carbonatarea

În figurile 8 și 9 se prezintă relațiile dintre adâncimea de carbonatare la diferite vârste ale betonului (beton tratat 7 zile) și tipul de ciment, la un dozaj de 320 kg/m^3 și respectiv 470 kg/m^3 .

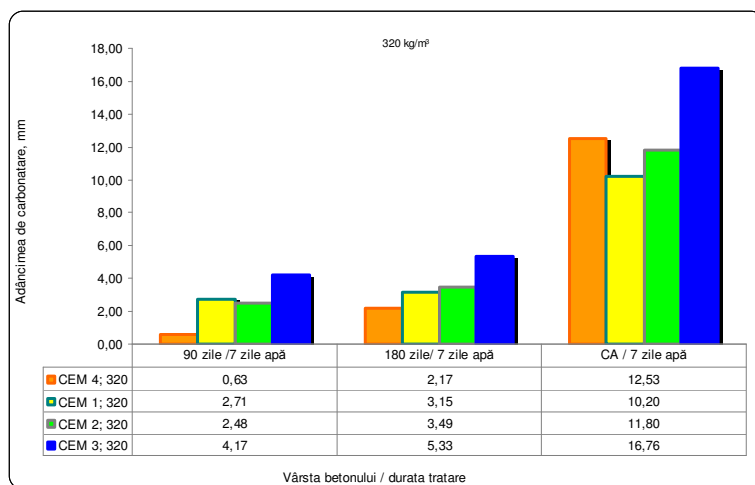


Fig. 8. Relația dintre adâncimea de carbonatare la diferite vârste ale betonului (tratată 7 zile) și tipul de ciment, la un dozaj de 320 kg/m^3

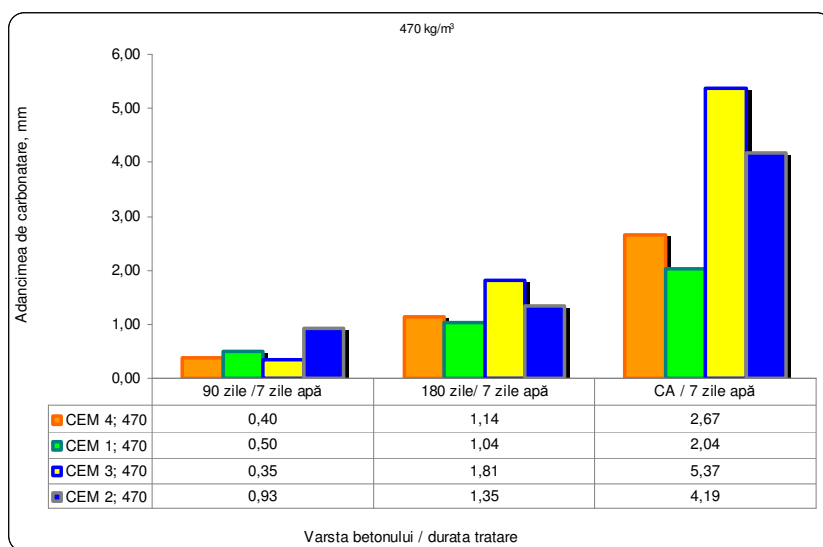


Fig. 9. Relația dintre adâncimea de carbonatare la diferite vârste și tipul de ciment, la un dozaj de 470 kg/m^3

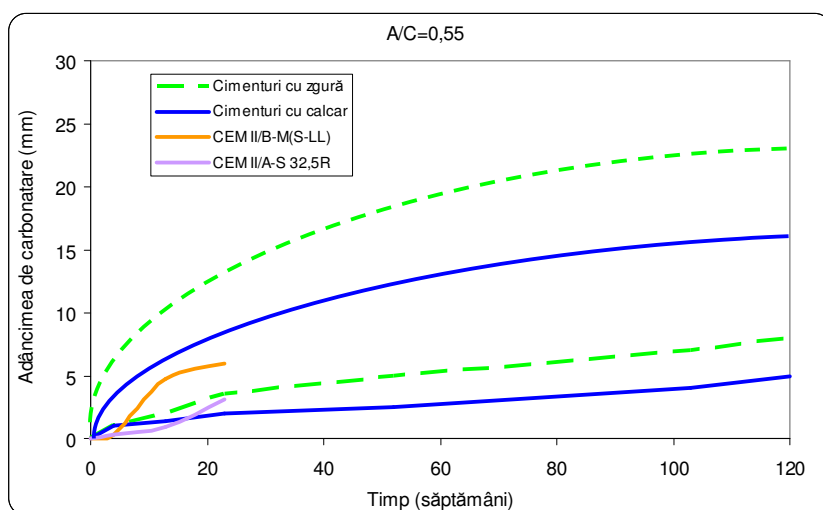


Fig. 10. Relația dintre adâncimea de carbonatare și diferite tipuri de cimenturi

Determinarea adâncimii de carbonatare a betonului a indicat principalii factori care influențează acest fenomen (raportul A/C, tipul de ciment, durata tratării).

Adâncimile de carbonatare sunt în general mai mari la betoanele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3 (figura 8). Chiar dacă este evidentă o relație între proporția de adaosuri din cimenturi și adâncimea de carbonatare, efectul poate fi redus prin micșorarea raportului A/C. Valorile obținute în cadrul programului experimental au fost comparabile cu cele obținute în cadrul programului ECOSERVE pentru betoane preparate cu un raport A/C de 0,55, trei zile de tratare și menținere în condiții de laborator (20% temperatură și 65% umiditate) până la data încercării (figura 10).

4. CONCLUZII

Rezultatele cercetărilor experimentale efectuate asupra betoanelor preparate cu cimenturi tip II B-M(S-LL) 32,5 R și II/A-S 32,5 R au scos în evidență următoarele aspecte:

4.1. Stabilirea domeniilor de utilizare a cimenturilor cu adaosuri nu se poate efectua decât pe baza rezultatelor unor cercetări experimentale.

4.2. O metodă utilă poate consta în compararea comportării betoanelor preparate cu cimenturi “experimentale” cu betoanele preparate cu un ciment pentru care există o largă și pozitivă experiență în utilizare (ciment “etalon” sau de “referință”).

4.3. Există diferențe între caracteristicile betoanelor preparate cu același tip de ciment (CEM II B-M (S-LL)32,5R), dar care au procente diferite de adaosuri. Pentru stabilirea domeniilor de utilizare a acestor tipuri este necesară efectuarea unor cercetări experimentale pentru fiecare tip de ciment în parte.

4.4. Betoanele preparate cu cimentul tip CEM 1 “experimental” au prezentat caracteristici foarte apropiate cu ale betoanelor preparate cu CEM 4 “de referință”, fiind posibilă utilizarea lor în aceleași medii de expunere.

Bibliografie:

1. ECOSERVE; CLUSTER 2: Producerea și utilizarea cimenturilor cu adaosuri
2. Müller, C.; Lang, E.: *Dauerhaftigkeit von Beton mit Portlandkalkstein- und Portlandkompositzementen CEM II-M (S-LL)*. In: Beton 55 (2005), Nr. 3, S. 131-138; Nr. 4, S. 197-202; Nr. 5, p. 266-269.
3. ASRO, SR EN 206-1 - Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate.
4. ASRO, SR 13510 - Document național de aplicare a SR EN 206-1
5. ASRO, SR EN 197 - 1 - Ciment: Compoziție, specificații și criterii de conformitate pentru cimenturile obișnuite
6. ASRO, SR EN 12350-2 - Încercări pe betonul proaspăt – Determinarea tasării
7. ASRO, SR EN 12390-3 - Încercări pe beton întărit. Rezistența la compresiune a probelor;
8. ASRO, STAS 2414 - Determinarea densității, compactității, absorbției de apă și porozității betonului;
9. ASRO, SR EN 12390 - 8 - Încercări pe beton întărit. Adâncimea de penetrare a apei sub presiune
10. ASRO, SR EN 14630/ 2007 - Determinarea adâncimii de carbonatare a betonului întărit. Metoda cu fenoftaleină;
11. ASRO, SR 3518 - Încercări pe beton. Determinarea rezistenței la îngheț-dezghet;
12. Neville, A, 2002 - Proprietățile betonului, București, Editura Tehnică
13. ASRO, CEN/TS 12390-9 - Încercări pe betonul întărit. Partea 9 – rezistența la îngheț-dezghet – Exfolierea

Management și calitate în construcții

Construction management and quality

Nicolae Postăvaru

Universitatea Tehnică de Construcții București
Bd. Lacul Tei, nr. 122 - 124, sector 2, București, Romania
E-mail: nicolae.postavaru@gmail.com

*Motto: "Calitatea este un obicei de viață, nu un document
pentru un produs."*

Aristotel

A) GENERALITĂȚI

Când am început să vorbim despre calitate ?

Nu știu, demult. Dacă e să ne luăm după motto, lumea a văzut în trecut calitatea ca ceva care dăinuie. Până după al doilea război mondial calitate avea cel care putea să arate un lucru cât mai vechi făcut de el. Bisericile gotice ne arată ce a însemnat calitatea în construcții, când calificarea se realiza în bresle și o luai de tânăr ca ucenic până poate ajungeai maestru. Așa a fost sute de ani .

Azi suntem aproape convinși că nu mai construim pentru sute de ani, producția, diversitatea, democrația, cercetarea în special și afirmarea individului au făcut să vorbim de calitatea pieței și nu a produsului, dându-i în acest fel dreptate lui Aristotel; calitatea este în noi și ține de: cultură, educație, norme și mai nou de standarde .

Noi am trecut de la cultura lui „merge și așa” la „să respectăm normele europene”, totuși nu se poate așa repede decât dacă forțăm piața prin metode specifice de constrângere: taxe.

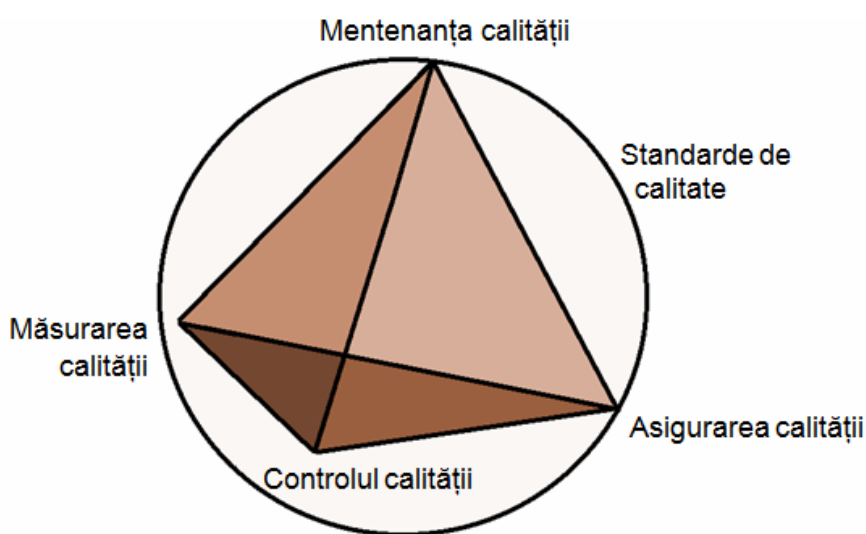
Din acest punct de vedere în construcții vedem un cumul de calități (lipsa) de la producători la consultanți, proiectanți, legiuitori, autorități, executanți, școală, educație etc .

Aceasta este problema specifică a domeniului: calitatea în construcții nu este ca la orice producător. Produsul, adică construcția, însumează în evoluția sa omisiuni pe care atunci când livrăm produsul ne este greu să le identificăm .

De aceea, mai ales în construcții vorbim de un management al calității în proiectele de investiții în construcții.

Înainte de a discuta această problemă specifică, câteva considerații personale asupra calității -după MI-5 (Managementul integrat al IMM)- în care am identificat următoarele direcții/discipline, care fac parte din managementul Calității:

- a. Măsurarea calității
- b. Controlul calității
- c. Asigurarea calității
- d. Menținerea calității
- e. Standarde de calitate



a. Măsurarea calității cuprinde metodele și aparatele de măsurare a calității. Abateri, erori, procedee de măsurare sunt foarte importante, pentru a dovedi calitatea de la un produs la altul; măsurarea se perfecționează permanent odată cu tehnologia, informatica, etc. O măsurare greșită te duce pe piste false, de aceea cu cât mergi mai sus, pe o piață mai performantă, măsurarea este mai strictă și aparatura mai verificată, actul de măsurare aparține atât clientului, cât și furnizorului. Numai după ce înveți să măsoari parametrii, se poate trece la:

b. Controlul calității, care înseamnă aplicarea măsurătorilor în condiții de producție sau de piață, analiza erorilor, reducerea rebuturilor – lucru care este valabil în orice domeniu, chiar dacă în industrie s-a evidențiat întâi, și în construcții este permanent valabil. Oricâtă încredere ai avea în cineva, tot e bine să controlezi calitatea și să ai un plan de control, în calitate de beneficiar sau de producător la cap de linie nu te poți baza numai pe furnizor și ceea ce afirmă acesta. Cred că, de exemplu, calitatea casei ar trebui să ne intereseze pe toți, iar a merge pe încredere și a suporta costuri datorită calității slabe trebuie evitat. Trebuie să ne educăm și să învățăm să avem de la constructor contracte care să prevadă:

c. Asigurarea calității. Una este să măsoari, să confirmi la control și alta să asiguri. Asigurarea calității cred că ar trebui să fie un factor contractual, de aceea am pus-o ca disciplină individuală – ține de furnizorul de serviciu / bunuri / lucrări. Cum asiguri calitatea în timp la produsele tale? Când nu se pot oferi garanții apare următoarea disciplină importantă a ciclului calității care va schimba piața :

d. Mentenanța calității. Aici marile firme au de câștigat, îți dau o asigurare, și apoi o garanție și postgaranție (întreținere directă sau prin reprezentanți / dealeri, etc.) Normal, toți încercăm să luăm bunuri cu garanții serioase și să avem pentru postgaranție ateliere de întreținere. Construcțiile aici au rămas în urmă și doar în țările dezvoltate beneficiarii cer constructorului să întrețină un timp clădirea și să-și asume greșelile în ceea ce privește calitatea.

La I.M.M.-uri asigurarea calității este un lucru mai greu și un punct slab. Oricât s-ar autoriza ele ISO 9000 etc., întreprinzătorii văd în costurile calității pierderi din buzunar pe termen scurt, iar pe termen lung ei nu prea se gândesc, deși teoretic există garanții.

e. Standardele de calitate. Ca să fi o asemenea companie trebuie să îndeplinești niște condiții care demonstrează pe lângă pregătire, experiență, cunoștințe de măsurare și control al calității și aptitudini manageriale. Standardele de calitate, bune în sinea lor, sunt pentru mulți instrumente de cucerire a unei piețe: produsele care nu respectă standardul sunt scoase de pe piață –automat și producătorii (ca la noi)-și aduse numai acelea care le îndeplinesc. Care? Produse de utilajele și cercetarea mai performante.

În construcții acest lucru se întâmplă mai greu decât la bunurile de larg consum, dar dacă ne uităm câte mari firme de acum 10-15 ani mai sunt pe piață și de ce au dispărut ?

Ni s-au impus standarde pe care noi nu le putem îndeplini și rezultatul normal este că pe piață nu mai sunt companii de construcții care să și câștige înțâietatea .

B) Calitatea în construcții

Aici identificăm doi mari actori :

- beneficiarul, clientul, care trebuie să vrea să știe ce înseamna calitate
- proiectantul care să aibă capacitatea de a oferi calitatea solicitată.

Unul trebuie să ceară, celalalt să ofere calitate. Cel mai rău lucru este când se pun față în față unul care nu știe ce să ceară și altul care nu poate oferi.

La noi beneficiarii au înțeles din calitate numai problema stabilității la cutremur a clădirii, care în mod normal nici nu se pune în discuție, este un dat. nu o calitate .

Despre sustenabilitate, durabilitate, beneficiarii noștri încă mai au de învățat .

La acești doi actori se adaugă și al treilea, în opinia mea secundar dacă primii își fac bine datoria: executantul. În toată lumea el execută proiectul, bun sau rău, dar atât. Pentru el s-au inventat urmărirea și asigurarea calității ca rezultat al experienței și lipsei de încredere în executant în timpurile moderne. Întoarceți-va pe timpul renașterii sau înainte și o să vedeți că era o problemă de onoare respectarea calității.

C) Cauzele (non)calității în construcții:

a)-se discuta mult de acest indice calitate /preț, care însă n-are metoda de calcul decât calitativă și empirică. În opinia mea este o eroare să vorbim de acest indice al economiei de piață, un lucru este cert: calitatea costă. Vrem - o plătim, dacă nu, spunem că stăm bine la raportul calitate -preț, inventat de economiști pentru care calitatea este un lucru abstract.

Pe această piață vastă, în care fiecare produs se găsește la 100 de producători, fiecare vrând să-l dea mai ieftin și furând la calitate, să identifiți adevărata calitate este o problemă, de la IT până la construcții. De aceea nu discutăm de acest lucru, cine vrea calitate, o caută, o identifică și o plătește .

b)-una din cauzele majore sunt BENEFICIARII, poate prima cauză, deoarece :

- nu știu ce vor
- nu știu să spună /să descrie bine ce vor
- nu au personal specializat să comunice ce vor, chiar dacă sunt de specialitate tehnică

- nu știu mare lucru despre calitatea care o vor sau care este pe piață
- nu știu să aprobe un proiect și să verifice îndeplinirea calității cerute
- vor totul ieftin, „dar de calitate”, ori asta nu se poate, se mint din start
- nu se preocupă de calitate în timpul execuției sau să ceară părerea altora
- nu au timp pentru un proiect de calitate
- corectura o fac când văd obiectul, adică la execuție, fiindcă n-au vedere în spațiu

- nu iau experți fiindcă costă, dar remedierile îi costă de zece ori cât experții
- nu au pregătirea tehnică necesară, nici măcar cei de la „investiții”
- nu se interesează de durabilitate,deși reprezintă interesul lor
- nu au încredere să și externalizeze o parte din atribuții în fazele inițiale către echipe de proiect

c) o alta cauză majoră este PROIECTANTUL deoarece :

- mulți fac pentru prima dată un proiect de o anumită complexitate și nu înțeleg că lucrurile astea se învață pe pielea ta, nu prin delegare

- nu au personal calificat și competent, care costă, și atunci răspund cu proiecte slab calitative cerințelor bazându-se pe cele de la punctele a) și b)

- nu au certificări reale privind calitatea, ci formale
- nu sunt urmăriți permanent de beneficiar, ci la sfârșit în cel mai bun caz
- proiectele sunt aprobate în comisii în care lipsesc specialiști
- nu sunt asigurați profesional și nu pot răspunde de greșelile proprii, conducând la multe „schimbări” care n-ar trebui să existe

- evită detaliile de execuție
- calculele sunt sumare și de multe ori luate prin copy-paste de la alte proiecte
- nu răspund de calitatea livrată față de beneficiari, încă la noi
- nu cunosc piața produselor, echipamentelor, nu știu să le analizeze, compare
- au dezinteres pentru tehnologiile de execuție
- nu le place să facă liste de cantități detaliate, concrete, măsurate

- nu sunt interesați de costuri și planificări reale
- lucrându-se cu mulți juniori, pentru salarii mici, aceștia n-au experiență și nu cunosc bine și aprofundat normele tehnice
- nu se înscriu și nu fac parte din asociații profesionale care i-ar îndruma
- nu manifestă interes față de formarea continuă
- nu se înghesuie la conferințe, prezentări de produse, etc

Calitatea este dată de proiect în final, nu de executant cum greșit se înțelege la noi

Când primii doi se acoperă unul pe altul, vina cade pe al treilea, acolo unde totul se vede: EXECUTANTUL, deși el -față de concepția încă existentă la noi în care el se crede și proiectant - în concepția europeană doar execută ce i s-a ordonat prin proiect.

El vine în fața calității cerute de beneficiar cu câteva elemente ce-i aparțin și pot constitui o vină, cum ar fi:

- aprovizionarea cu materiale din proiect, conform listelor de materiale
- echipamentele care să ofere calitatea cerută de tehnologie
- personalul calificat pentru fiecare activitate ce-i revine
- nesolicitarea la timp a soluțiilor modificatoare
- organizarea de șantier, care lasă de dorit la mulți pentru a lua doar bani pe ea, nu și a veni în ajutorul beneficiarului
- tehnologia de execuție, esențială pentru 50% din execuție este uitată și nimeni nu începe execuția cu proiecte tehnologice, cum ar fi normal,
- planificarea activităților
- costurile unitare
- nu înțeleg rolul de executant care întreabă proiectantul pentru orice neclaritate
- riscurile execuției: greșelile proprii se plătesc din profit, nu din calitate –aici trebuie schimbată mentalitatea greșită a antreprenorilor ca și cealaltă idee a pieței constructorilor: profitul se mărește din calitate și nu din productivitate, sau pierderile se acoperă din renunțarea la calitate –nimic mai greșit, cine încurajează aceste idei e clar că este adeptul lui „merge și așa” ori o schimbare majoră ar fi să renunțăm la această mentalitate.

Neîncrederea beneficiarului conduce la venirea consultantului de supervizare – dirigintei de șantier – reprezentantul de specialitate al beneficiarului, legătura între proiectant și executant.

Teoretic este ochiul vigilent al beneficiarului, el respectă și susține calitatea din proiect, verifică, controlează etc . Este piesa de bază a sistemului calității, respectiv de urmărire și certificare a calității.

El ține ca totul să fie în favoarea beneficiarului: timpul, costul, calitatea.

În ultimii 20 de ani pe lângă acești actori, numărul lor s-a mărit prin apariția managementului de proiect și echipei de management.

Managementul de proiect ar trebui să vina în ajutorul beneficiarului și implicit al calității, prin pilotarea proiectelor de investiții de către echipe special alese, selecționate, trainate. Acest „prieten de specialitate al beneficiarului” îl va reprezenta profesional în relația cu terții: proiectanți, consultanți, executanți, autorități și teoretic

îl va conduce spre evitarea unor greșeli ca cele amintite mai sus. Dar managementul de proiect înseamnă bani, costuri și mulți preferă să facă singuri pe manageri /diriginții de lucrare, lucru grav mai ales în cazul utilizării banilor publici unde beneficiarul ar trebui să dea acești bani pe mâna specialiștilor să-l drămuiască cu atenție. Pentru asta s-a patentat managementul de proiect: calitate și eficiență economică.

Teoretic managementul de proiect trebuie să conducă la realizarea unei calități mai aproape de nevoi, dar totodată și de realitățile pieței.

D) Costul calității

Pe parcursul realizării unui proiect apar multe costuri suplimentare care în mare parte se datorează unei calități slabe a serviciilor premergătoare execuției unei lucrări de construcții.

Astfel plătim :

- modificările apărute din neștiința beneficiarului, solicitate de acesta pe parcursul execuției-100%
- lucrările suplimentare pentru că „a uitat” inițial ceva -100%
- toate remedierile proiectelor avizate de beneficiar și având defecte -100%
- greșelile proiectantului: calcule, soluții slabe, timp neadecvat, estimări greșite, materiale neconforme, tehnologii nespecificate, studii lipsă,-100%
- sunt normale abateri de +/- 5% dacă avem un proiect bun cu DE (detalii de execuție) predate dar nu abateri de 30-50% fiindcă am acceptat numai PT (proiectul tehnic) sau mai rău SF (studiu de fezabilitate), astea le plătim tot noi, diferențele 100%
- greșelile tehnologice -100%
- costurile de întreținere mari -100%

Față de acestea executantul ar trebui să înțeleagă că:

- rubrica „neprevăzute” este pentru ce nu se putea prevedea din proiect și care nu schimbă soluția pentru creșterea profitului
- profitul este și în sens negativ, adică din el sunt de plătit costurile riscurilor neluate în seamă la ofertă –întârzierile, materialele modificate calitativ și introduse în operă, greșelile propriilor oameni, organizarea slabă, toate se plătesc din profit, nu de la noi, beneficiarii. Dacă toate aceste vor să fie suportate fie din lucrări suplimentare fie din calitate, trebuie să luăm atitudine și să cerem să se schimbe ceva.

E) Soluții pentru calitate:

- O idee în acest sens erau contractele FIDIC, care vor reveni probabil mai bine traduse și adaptate, dar clar ele dădeau niște sarcini clare executantului și supervisorului și erau utile beneficiarilor care porneau proiectele cu finanțări garantate și asigurate.

- Întărirea și afirmare asociațiilor profesionale ingineresti care să ateste specialiștii din proiectare pe domeniile lor de expertiză și să nu mai permită oricui să preia acest titlu, vezi sistemul american-englez –german

- realizarea de proiecte prin echipe de management de proiect specializate și certificate
- educație antreprenorială și investițională pentru beneficiari
- pregătirea continuă a specialiștilor și aplicarea Managementului Calității Totale (MCT)
- Ce este MCT (TQM)?

MCT se referă la un proces managerial și la un **set de discipline** care sunt coordonate pentru a asigura că firma vine în întâmpinarea și chiar depășește cerințele clienților. MCT mobilizează toate departamentele, sectoarele și nivelele organizației.

Managementul superior își orientează toate strategiile și își organizează toate acțiunile în jurul **cerințelor** clientului și, în același timp, va încerca să dezvolte **o cultură organizațională**, prin implicarea celor mai mulți dintre angajați. Firmele care practică MCT își concentrează atenția asupra unei **conduceri sistematice** a datelor în toate procesele, în scopul **eliminării pierderilor** și pentru dezvoltarea și îmbunătățirea continuă a tuturor proceselor din firmă.

Scopul este să oferi clientului **calitate superioară** la cel mai **mic cost** și, în același timp, să obții atât **profit** cât și o **stabilitate** economică a firmei.

Managementul superior trebuie să-și propună o imagine, trebuie să-și îndrepte și să-și pregătească angajații pentru o misiune comună. În acest scop, **echipele** interdepartamentale lucrează pentru îmbunătățirea activităților ce vin în întâmpinarea cerințelor clienților. Relațiile de afaceri pe termen lung cu clienții, furnizorii și angajații se concentrează asupra calității **mai presus** decât asupra profitului pe termen scurt.

MCT schimbă modul de gândire al firmelor, mai ales al celor mici și mijlocii, în ceea ce privește munca și toate relațiile ei ca urmare a impactului asupra fiecărei funcții, sistem și persoană care are legătură cu firma. MCT reprezintă, parafrazând filozofia orientală, o continuă "călătorie spre desăvârșire". Prin MCT înțelegem că toți facem parte dintr-o mare familie: omenirea, și ca n-are rost să ne mințim unii pe alții fiindcă în final ne mințim pe noi înșine .

În loc de concluzii, un calcul: la 1 milion investiții la noi se obișnuiește să avem min. 10 % depășiri de preț la execuție datorită serviciilor slabe sau lipsa lor practicate de cei implicați: aceasta înseamnă o sută de mii. Din valoarea de investiții, circa 7% înseamnă proiectare și supervizare. Dacă am mări valoarea acordată serviciilor la 10% pentru management de proiect și specialiști individuali am mai cheltui 3 %, dar sigur i-am salva pe cei 10 % plătiți pentru extinderea valorii contractului, cu alte cuvinte dai 3% și câștigi 10 %, asta este o afacere care ar trebui să dea de gândit beneficiarilor și mai ales celor ce folosesc bani publici, aceasta este eficientă și în plus crește valoarea inginerească în fața mentalităților și relațiilor existente.

Mulțumesc